

## O Potencial de Consumo de Gás Natural pelo Setor Industrial no Brasil

*Paulo Marcelo de Figueiredo Montes  
Roberto Schaeffer*

### **Resumo**

Este artigo discute o potencial de consumo de gás natural pelo Setor Industrial no Brasil para o período 1998-2010. A avaliação do consumo é realizada através de um modelo analítico de previsão baseado em três vetores: indicadores de consumo específico de energia por tipo de uso final (força motriz, calor de processo, aquecimento direto, iluminação, eletroquímica e outros), projeções de produção física dos diversos subsetores da Indústria do país, e coeficientes de substituição inter combustíveis para o gás natural.

Como parâmetro de comparação, propõem-se três hipóteses de consumo de gás natural: crescimento vegetativo sem substituição inter combustíveis (opção "zero"); crescimento com substituição inter combustíveis, equiparando-se o consumo relativo da indústria brasileira ao consumo médio da indústria dos países da OCDE - União Européia (opção "OCDE-EU"); e crescimento com substituição total inter combustíveis, ou seja, uso do gás natural sempre que tecnicamente possível (opção "total").

Os resultados encontrados demonstram que o consumo para as hipóteses opção zero, opção OCDE-EU e opção total atingem um volume de aproximadamente 11,6, 51,6 e 165,4 milhões de Nm<sup>3</sup>/dia em 2010, respectivamente.

### **Introdução**

Com a entrada em operação do Gasoduto Bolívia Brasil em fevereiro de 1999, o país finalmente passou a dispor de suprimento de gás natural em quantidades significativas, atingindo, assim, uma escala economicamente competitiva neste tipo de energético. É de se esperar que a disponibilidade de gás natural em grandes quantidades traga questionamentos quanto à sua utilização final. O principal motivo é a grande flexibilidade técnica que o gás natural permite no seu uso, podendo substituir a biomassa, vários derivados do petróleo e mesmo deslocar a hidroeletricidade em algumas aplicações industriais. A sua característica de energético mais "verde" dentre os energéticos fósseis também contribui fortemente para aumentar esta expectativa, principalmente em grandes centros urbanos já com problemas de poluição atmosférica.

A inserção do gás natural na matriz energética brasileira é certamente uma etapa importante no processo de industrialização do país. Os Estados Unidos e a Europa começaram a desenvolver o gás natural nas décadas de 50 e 60, respectivamente, podendo-se afirmar que o Brasil está atrasado pelo menos 20 anos na utilização deste energético. Este atraso pode ser justificado, em grande parte, pela lógica de produção de petróleo em detrimento do gás natural seguida pelas grandes companhias de petróleo e também adotada como política pelo governo brasileiro (e seguida pela Petrobrás). Outros fatores que explicam este atraso são a natureza associada do gás natural presente nas bacias sedimentares brasileiras, além do pequeno volume das reservas de gás natural encontrado em relação ao mercado potencial brasileiro.

O gás natural não é somente mais um energético para a indústria, sendo que os benefícios de sua utilização vão além dos ganhos de eficiência energética e de emissões. O gás natural permite um salto

de qualidade na fabricação de diversos produtos industriais, principalmente onde o controle de temperatura e a limpeza de chama para aquecimento direto sejam recomendados.

Superar este atraso certamente não é tarefa fácil. Entretanto os primeiros passos têm sido dados em anos recentes. O maior passo, sem sombra de dúvida, foi a construção do Gasoduto Bolívia – Brasil. Com ele, o país finalmente está tentando viabilizar a indústria de gás natural, acrescentado à capacidade de oferta de gás natural em 2000 aproximadamente 15 milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia, com cerca de 1 milhão  $\text{Nm}^3$  / dia sendo adicionados a cada ano, até se chegar a 30 milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia. Suprimentos adicionais da ordem de 15 milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia estão sendo contratados também com a Argentina, entrando no Brasil por Uruguaiana no Rio Grande do Sul, devendo estar disponíveis até o final de 2001.

A produção nacional, por outro lado, atingiu 35,2 milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia em outubro de 1999. O planejamento estratégico da Petrobrás prevê, também, uma produção de 60 milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia em 2005. Atualmente, o país conta com uma oferta de aproximadamente 50 (35,2+15) milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia e um consumo total de 22 milhões de  $\text{Nm}^3$  / dia (Petrobrás, 1999), contando com o autoconsumo da Petrobrás.

Neste artigo, que tem como base Montes (2000), avalia-se o potencial de consumo de gás natural pela indústria no Brasil no período 1998-2010. Para tal, assumem-se três hipóteses básicas sobre o comportamento futuro do consumo de gás natural, quais sejam: o consumo de gás cresce vegetativamente, acompanhando a progressão do Produto Interno Bruto (PIB); o consumo de gás cresce constantemente até 2010, deslocando outros combustíveis, até atingir a mesma participação relativa de consumo por subsetor da indústria que a média dos países pertencentes à Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica (OCDE) que estão localizados no continente Europeu; e o consumo de gás cresce constantemente até 2010, atendendo naquela data a todo o consumo de energia destinado a calor de processo e aquecimento direto na indústria. A hipótese utilizada nas comparações feitas no decorrer deste trabalho foi a hipótese de crescimento intermediário (OCDE-EU), pois a mesma, além de ser a mais desejável, parece ser também, a mais factível perante o significativo aumento de oferta de gás natural esperado para o país nos próximos anos.

### **Reservas, Produção e Consumo de Gás Natural no Brasil.**

As reservas de gás natural do Brasil sempre foram modestas. Em 1997, o país contava apenas com 0,16% das reservas mundiais. No período de 1983-1998, a razão reservas / produção oscilava em torno de 19 anos. Em 1999, as reservas medidas brasileiras eram de 231,2 bilhões de  $\text{Nm}^3$  e as reservas totais eram de 403,0 bilhões de  $\text{Nm}^3$ , com a produção média diária sendo de aproximadamente 32,3 milhões de  $\text{Nm}^3$ , o que resultava, também, em uma relação R/P de 19 anos (vide Tabela 1).

**Tabela 1 - Reservas Produção e Consumo de Gás Natural no Brasil**

Anos	Reservas Medidas	Produção	Consumo	R/P
	10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> Nm	10 <sup>6</sup> Nm	Anos
1983	81.606,0	4.013,2	1.739,0	20,3
1984	83.892,0	4.902,5	2.024,0	17,1
1985	92.734,0	5.467,1	2.539,0	17,0
1986	95.834,0	5.686,5	2.958,0	16,9
1987	105.343,0	5.780,7	3.302,0	18,2
1988	108.900,0	6.076,0	3.324,0	17,9
1989	116.008,0	6.105,0	3.408,0	19,0
1990	114.570,0	6.279,0	3.414,0	18,2
1991	123.776,0	6.597,0	3.458,0	18,8
1992	136.700,0	6.976,0	3.695,0	19,6
1993	137.400,0	7.355,0	4.355,0	18,7
1994	146.476,0	7.756,0	4.263,0	18,9
1995	154.306,0	7.955,0	4.435,0	19,4
1996	157.704,0	9.156,0	5.094,0	17,2
1997	227.650,0	9.825,0	5.408,0	23,2
1998	227.650,0	10.788,0	5.737,0	21,1
1999	231.233,0	11.898,0	7.732,0	19,4

Fonte: *Elaboração própria, com base em MME (2000).*

### Distribuição do Consumo de Gás Natural

A Tabela 2 mostra a evolução da participação dos diversos setores no consumo de gás natural. No período de 1983-1998, a participação da indústria no consumo total cresceu de 11,2% para 29,0%. O gás natural começou a ser consumido pelos setores residencial, comercial, público e transporte desde o início dos anos 60/70, porém participa de forma insignificante no total do consumo de energia final do país, com apenas 2,7%. A parcela de produção não aproveitada e reinjetada caiu no período de 51,2% para 37,9%, mostrando assim um esforço real em se tentar utilizar o gás natural de forma mais racional, criando-se condições de transporte da produção até o consumo final.

**Tabela 2 - Distribuição do Consumo de Gás Natural**

Ano	N.Aproveitada e Reinjeção	Transformação	Consumo Final Não Energético	Setor Energético	Residencial	Comercial e Público	transporte	Industrial	Total em 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /dia
1983	51%	5%	20%	12%	0%	0%	0%	11%	10,99
1984	51%	8%	18%	13%	0%	0%	0%	11%	13,43
1985	45%	9%	17%	17%	0%	0%	0%	12%	14,99
1986	39%	9%	18%	18%	0%	0%	0%	15%	15,58
1987	33%	10%	19%	18%	0%	0%	0%	20%	15,83
1988	35%	11%	20%	15%	0%	0%	0%	20%	16,64
1989	32%	12%	21%	15%	0%	0%	0%	20%	16,73
1990	34%	12%	16%	14%	0%	0%	0%	24%	17,21
1991	36%	11%	16%	12%	0%	0%	0%	25%	18,08
1992	36%	11%	15%	12%	0%	0%	0%	26%	19,12
1993	34%	11%	14%	13%	0%	0%	0%	26%	20,15
1994	34%	11%	14%	13%	0%	0%	1%	26%	21,26
1995	33%	11%	12%	12%	1%	0%	1%	30%	21,79
1996	35%	9%	10%	13%	1%	1%	0%	31%	25,09
1997	37%	8%	8%	12%	1%	1%	0%	33%	26,91
1998	38%	9%	8%	14%	1%	1%	1%	29%	29,56

Fonte: Elaboração própria, com base em MME (2000).

### Modelo de projeção de consumo de gás natural para a indústria brasileira

As estimativas de consumo futuro de gás natural foram efetuadas através do uso de um modelo matemático, construído especialmente para se avaliar o potencial de substituição intercombustíveis no setor industrial. As principais fontes de dados do modelo foram o Balanço Energético Nacional (MME, 1990 e MME,1999) e o Balanço de Energia Útil (MME, 1984 e MME,1995). Do primeiro utilizaram-se a energia final consumida por tipo de combustível e por setor de atividade, o PIB e a Produção Física de alguns subsetores; do segundo utilizaram-se os rendimentos de transformação da energia final para um setor de atividade com relação ao uso final e à proporção da energia final por setor de atividade destinado a um uso final.

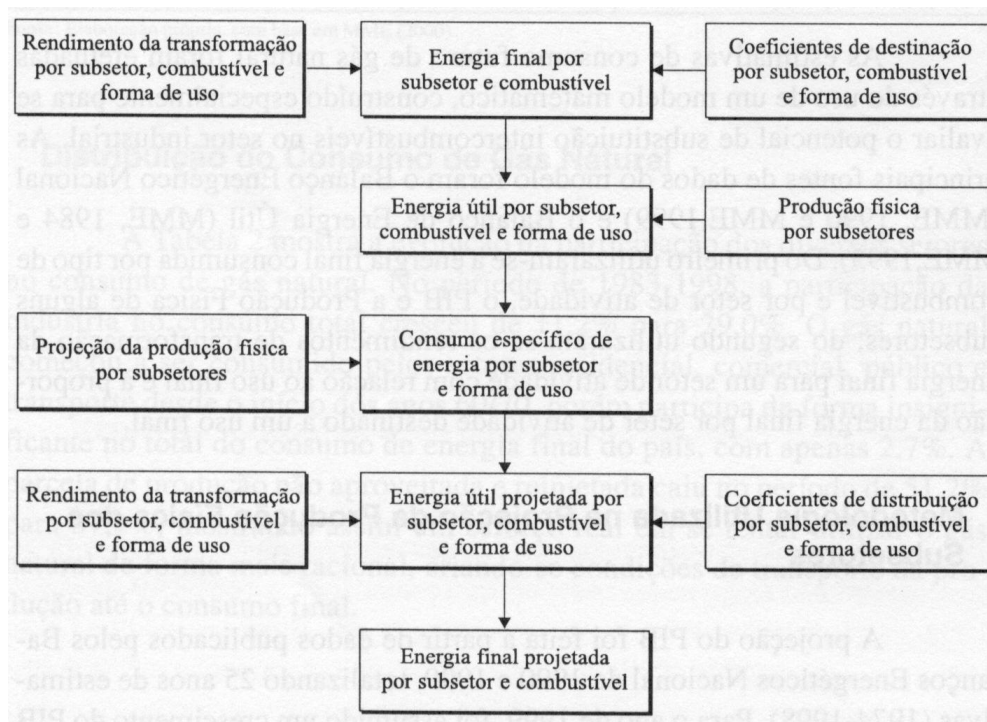
### Metodologia Utilizada na Projeção da Produção Física dos Subsetores

A projeção do PIB foi feita a partir de dados publicados pelos Balanços Energéticos Nacional de 1990 e 1999, totalizando 25 anos de estimativas (1974-1998). Para o ano de 1999, foi assumido um crescimento do PIB total igual a zero, sendo que para os anos subsequentes foram assumidos crescimentos médios de 3,5% ao ano. Os PIBs dos setores serviço, agropecuário, industrial e energético foram extrapolados através de uma regressão linear dos PIBs setoriais com o PIB total, assim como os PIBs dos subsectores da indústria foram extrapolados através da regressão dos PIBs dos subsectores com o PIB da indústria.

A produção física dos diversos subsectores da indústria foi projetada através de regressões múltiplas com os PIBs do setor industrial ou subsetorial. Devido ao baixo coeficiente de correlação encontrado nas regressões simples, foi utilizada a técnica de regressão múltipla com variáveis "dummy". Desta forma, aqueles valores discrepantes com a tendência histórica foram isolados. Os demais dados foram aproveitados nos cálculos das melhores retas de projeção. O subsetor "outros" da indústria, por ser muito heterogêneo, teve sua projeção baseada na evolução de seu próprio PIB.

## Metodologia Utilizada na Análise e Síntese da Energia

O fluxograma a seguir apresenta a metodologia utilizada pelo modelo:



### Limites do modelo e fontes de erro

Um modelo é uma representação de algum fenômeno ou sistema do mundo real e, como toda representação, assume certas simplificações para que a sua construção e funcionamento sejam exequíveis. Portanto, qualquer modelo já é limitado em sua própria concepção e os seus resultados têm de ser analisados dentro das limitações assumidas quando da sua elaboração. Algumas fontes de erro incorridas no modelo em questão são discutidas a seguir.

O primeiro erro foi de exclusão. No modelo não se incluiu a variação dos preços dos combustíveis como determinante de seu consumo total. Os coeficientes de distribuição que, em última forma, refletem a preferência por determinado combustível são de 1993 (ano base do Balanço de Energia Útil) e, portanto, as alterações relativas de preços ocorridas até hoje não foram levadas em conta. Cabe ressaltar que os coeficientes de distribuição (estes coeficientes refletem a participação de cada tipo de combustível em determinado setor) não são função exclusiva do preço, uma vez que a tecnologia utilizada na produção também exerce influência capital na escolha do energético. Desta forma, não é tão simples se trocar de combustível. O gás natural, neste caso, é um dos poucos energéticos que têm grande flexibilidade técnica para deslocar outros combustíveis.

O segundo erro foi de agregação. O ideal seria que a desagregação dos dados se desse de maneira a se ter consumos específicos de energia por subsetor onde o divisor em toneladas fosse homogêneo. Infelizmente, os dados disponíveis no Balanço Energético Nacional e no Balanço de Energia Útil são ainda bastantes agregados, principalmente no subsetor “outros” da indústria.

Finalmente, o consumo específico de energia útil do setor de atividade  $j$  para o uso final  $k$  foi levantado para um nível de atividade entre os anos 1993/1997, o que não garante que o aumento da produção ao longo do tempo se dê com a mesma eficiência energética.

## Hipóteses de Consumo de Gás Natural

**Sem Substituição de Combustíveis, opção zero:** Nesta hipótese, considerou-se que o gás natural não conseguiria substituir nenhum combustível; ou seja, sua variação ao longo dos anos dependeria unicamente da variação do PIB, tendo assim crescimento vegetativo.

**Com Substituição Parcial, opção OCDE-EU:** Nesta hipótese, considerou-se que o gás natural penetraria no setor industrial de maneira a se reproduzir o mesmo perfil de consumo relativo de gás em relação a outros energéticos verificados na indústria dos países pertencentes à Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica (OCDE) que estão localizados no continente Europeu. Desta forma, cada subsetor da indústria no Brasil teve a participação do gás natural (na forma de energia útil de calor de processo e aquecimento direto) acrescida ano a ano até 2010, quando a participação do gás em cada subsetor da indústria brasileira seria finalmente equiparada à participação do gás no mesmo subsetor da OCDE-EU em 1996.

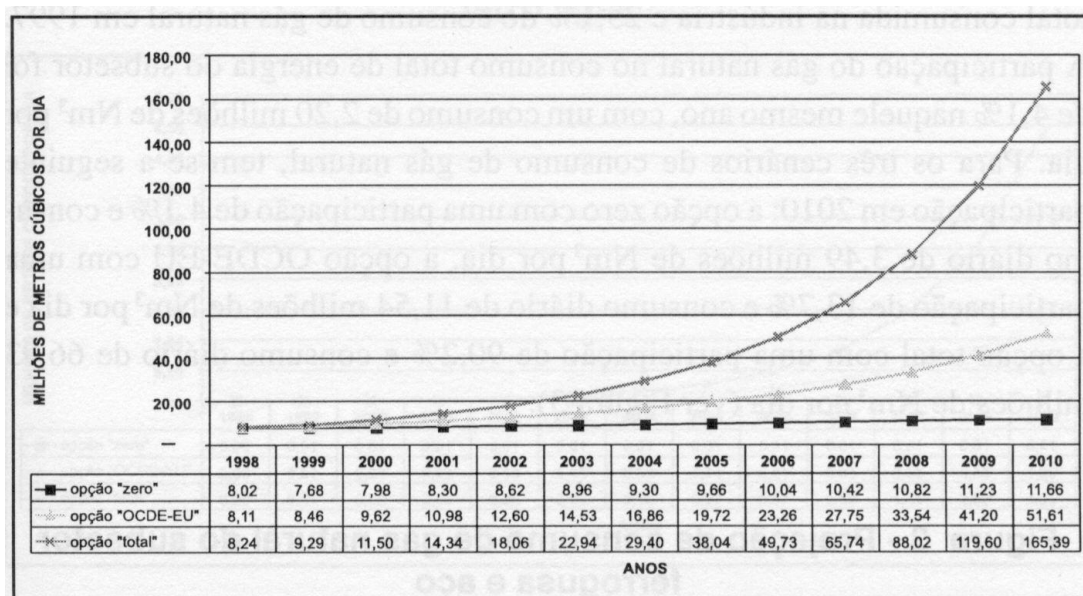
**Com Substituição Total, opção total:** Nesta hipótese, considerou-se que o gás natural substituiria, ao longo do período analisado 1998-2010, toda energia de calor de processo e aquecimento direto. Desta forma, ano a ano, o consumo de gás natural iria aumentando e o das outras fontes de energia iria decrescendo de forma proporcional, até que todo o consumo de energia para calor de processo e aquecimento direto fosse fornecido pelo gás natural. Cabe ressaltar que esta hipótese é economicamente absurda, tendo sido seu único objetivo limitar as fronteiras de consumo da indústria nacional.

## Resultados

Por questões metodológicas, o setor industrial foi dividido em quatorze subsectores, quais sejam: cimento, cerâmica, ferro gusa e aço, ferro ligas, mineração, pelletização, não ferrosos e outros da metalurgia, alumínio, química, alimentos e bebidas, açúcar, têxtil, papel e celulose, e outros.

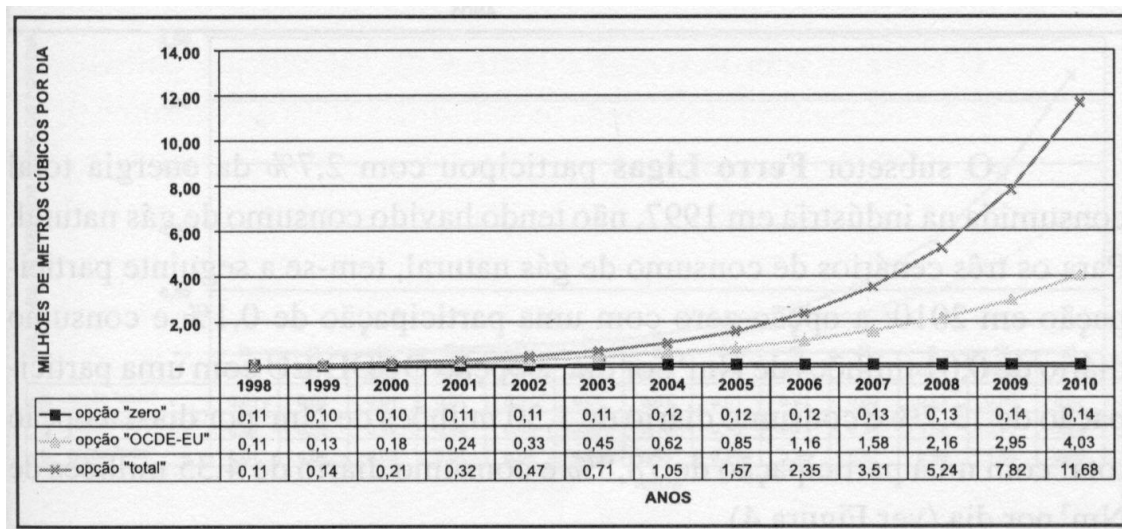
A Indústria como um todo participou com 57,1% da energia total consumida no Brasil e com 32,4% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia da Indústria foi de 3,31% naquele mesmo ano, com um consumo de 8,77 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 3,1% e consumo diário de 11,66 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 15,9% e consumo diário de 57,61 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 50,0% e consumo diário de 165,39 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 1).

Figura 1 - Projeção do consumo de gás natural da indústria



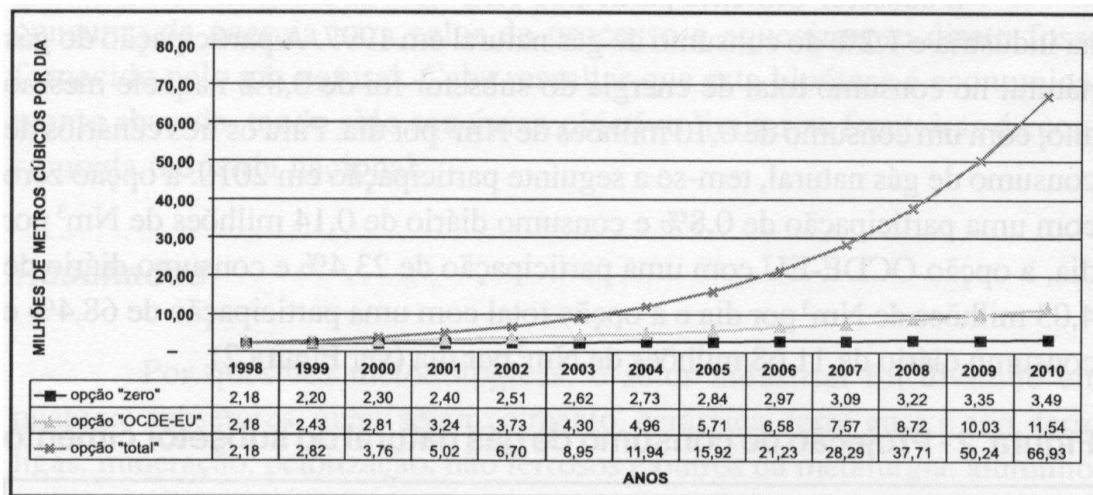
O subsetor **Cimento** participou com 4,8% da energia total consumida na indústria e 1,2% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 0,8% naquele mesmo ano, com um consumo de 0,10 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 0,8% e consumo diário de 0,14 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 23,4% e consumo diário de 4,03 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 68,4% e consumo diário de 11,68 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 2).

Figura 2 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor cimento



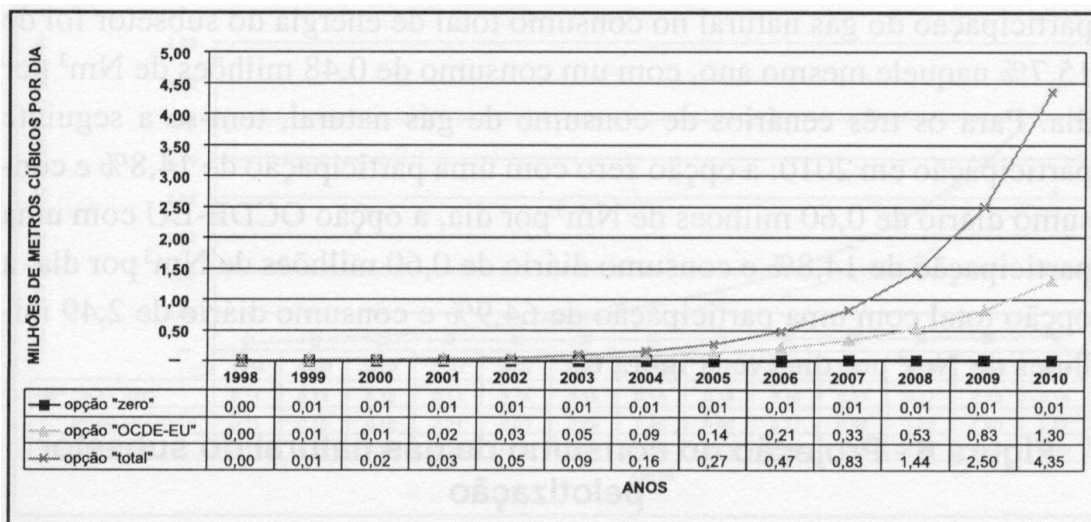
O subsetor **Ferro Gusa e Aço** participou com 20,4% da energia total consumida na indústria e 25,1% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 4,1% naquele mesmo ano, com um consumo de 2,20 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 4,1% e consumo diário de 3,49 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 13,7% e consumo diário de 11,54 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 90,2% e consumo diário de 66,93 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 3).

Figura 3 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor ferrogusa e aço



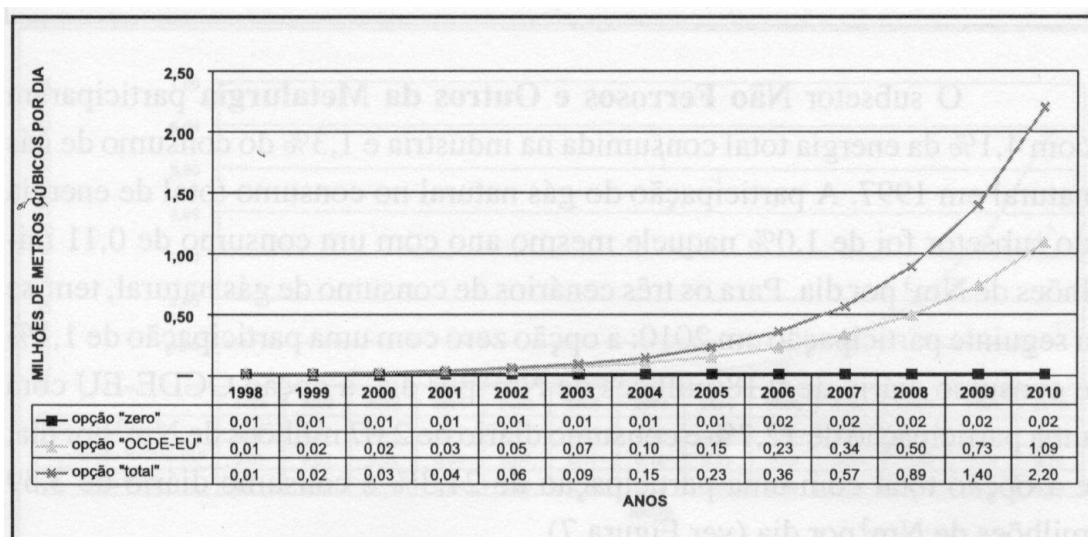
O subsetor **Ferro Ligas** participou com 2,7% da energia total consumida na indústria em 1997, não tendo havido consumo de gás natural. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 0,1% e consumo diário de 0,01 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 13,7% e consumo diário de 1,30 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 78,8% e consumo diário de 4,35 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 4).

Figura 4 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor ferro ligas



O subsetor **Mineração** participou com 2,5% da energia total consumida na indústria em 1997, não tendo havido consumo de gás natural. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 0,2% e consumo diário de 0,01 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 10,4% e consumo diário de 1,09 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 21,4% e consumo diário de 2,20 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver figura 5).

Figura 5 -

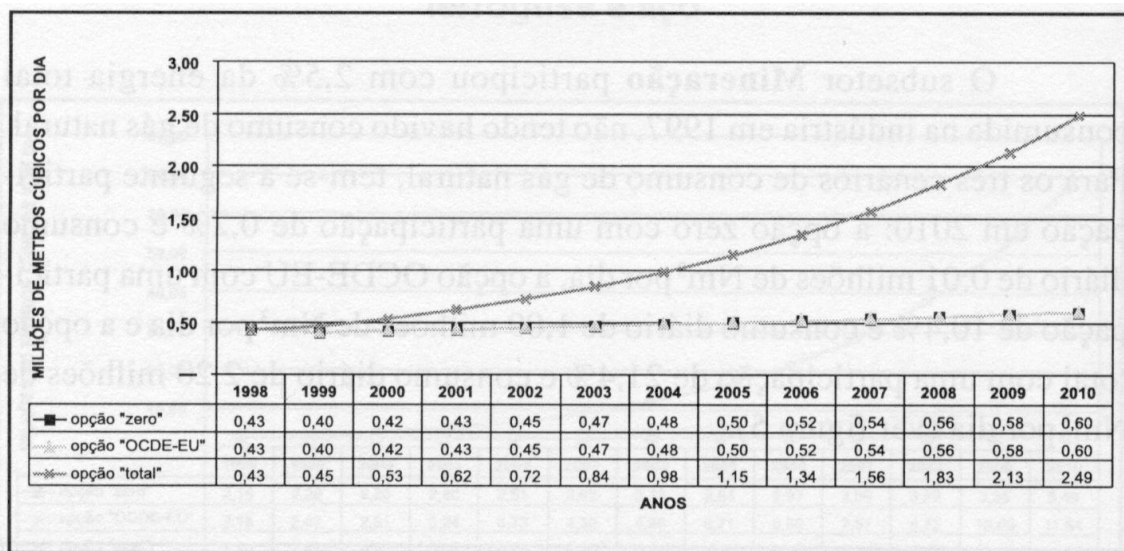


O subsetor **Pelotização** participou com 1,2% da energia total consumida na indústria e 5,5% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor



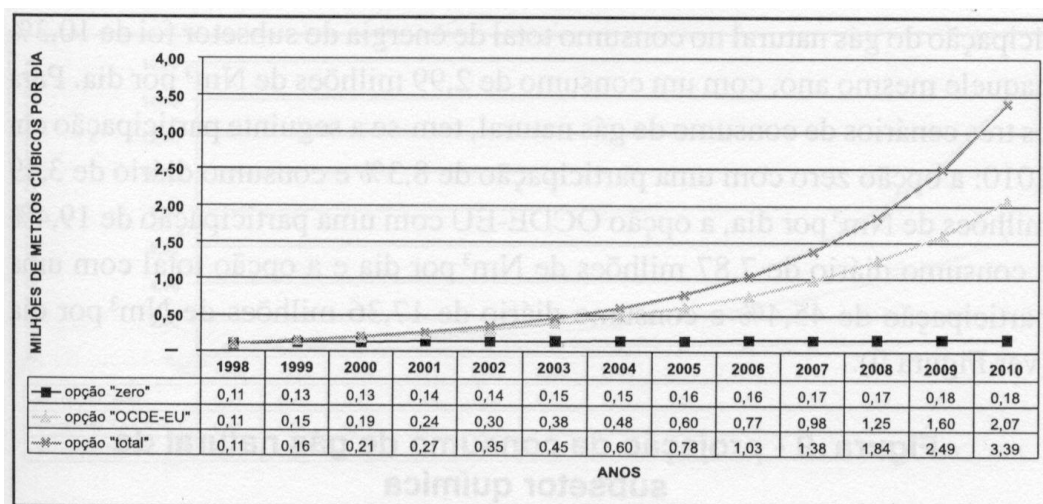
foi de 15,7% naquele mesmo ano, com um consumo de 0,48 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 14,8% e consumo diário de 0,60 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 14,8% e consumo diário de 0,60 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção total com uma participação de 64,9% e consumo diário de 2,49 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 6).

**Figura 6 - Projeção do consumo de gás natural do subsetor pelletização**



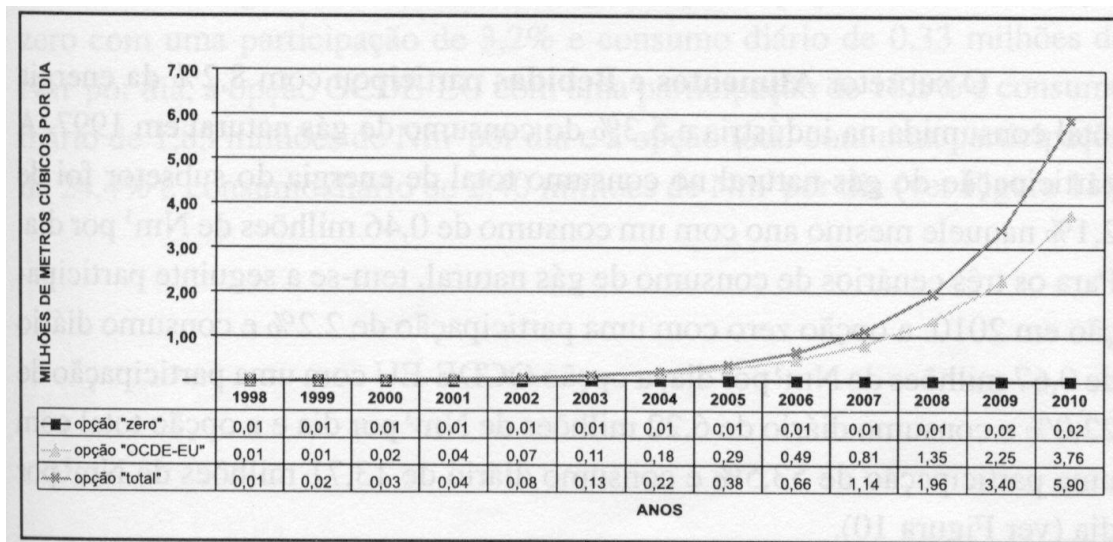
O subsetor **Não Ferrosos e Outros da Metalurgia** participaram com 4,1% da energia total consumida na indústria e 1,3% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 1,0% naquele mesmo ano com um consumo de 0,11 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 1,1% e consumo diário de 0,18 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 12,7% e consumo diário de 2,07 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, e a opção total com uma participação de 21,3% e consumo diário de 3,39 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 7).

**Figura 7 - Projeção do consumo de gás natural do subsetor não ferrosos**



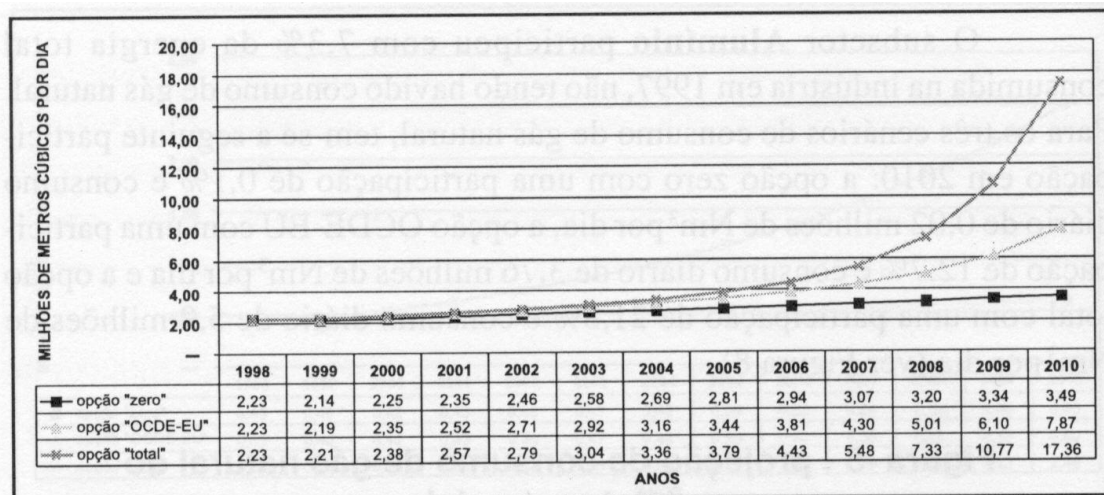
O subsetor **Alumínio** participou com 7,3% da energia total consumida na indústria em 1997, não tendo havido consumo de gás natural. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 0,1% e consumo diário de 0,02 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 12,7% e consumo diário de 3,76 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 21,8% e consumo diário de 5,9 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 8).

**Figura 8 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor alumínio**



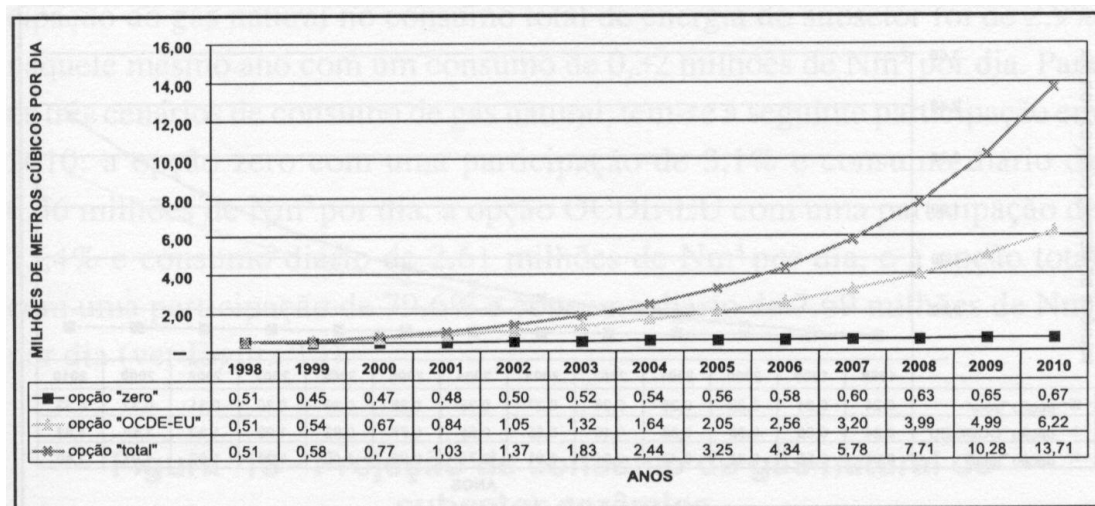
O subsetor **Química** participou com 10,9% da energia total consumida na indústria e 34,1% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 10,3% naquele mesmo ano, com um consumo de 2,99 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 8,3% e consumo diário de 3,49 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 19,4% e consumo diário de 7,87 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 45,4% e consumo diário de 17,36 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 9).

**Figura 9 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor química**



O subsetor **Alimentos e Bebidas** participou com 8,2% da energia total consumida na indústria e 5,3% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 2,1% naquele mesmo ano com um consumo de 0,46 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 2,2% e consumo diário de 0,67 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 22,0% e consumo diário de 6,22 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 53,5% e consumo diário de 13,71 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 10).

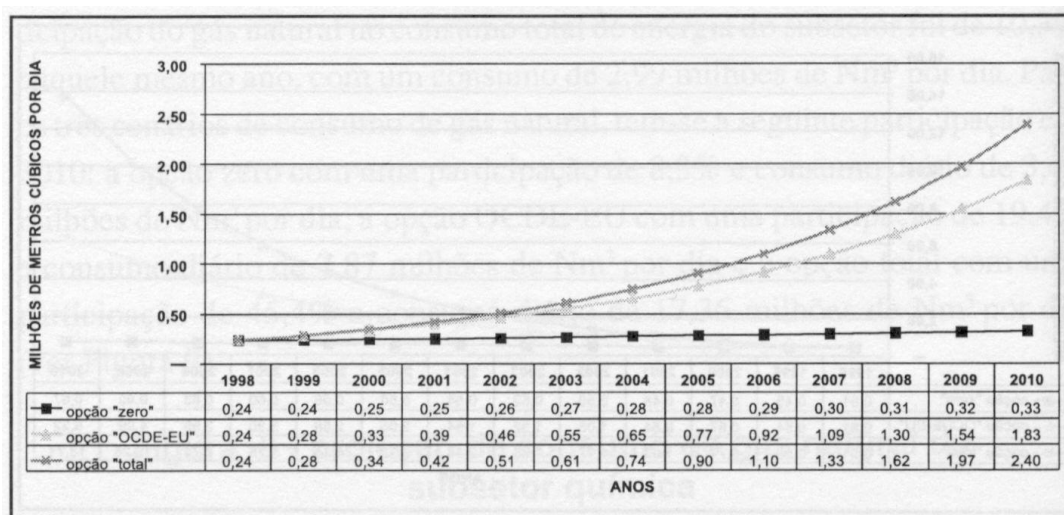
**Figura 10 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor alimentos e bebidas**



O subsetor **Açúcar** participou com 10,1% da energia total consumida na indústria em 1997, não tendo havido consumo de gás natural. Para os três cenários de consumo de gás natural não é previsto consumo. Considera-se que perante a abundância de bagaço de cana a introdução do gás natural seria altamente improvável neste subsetor.

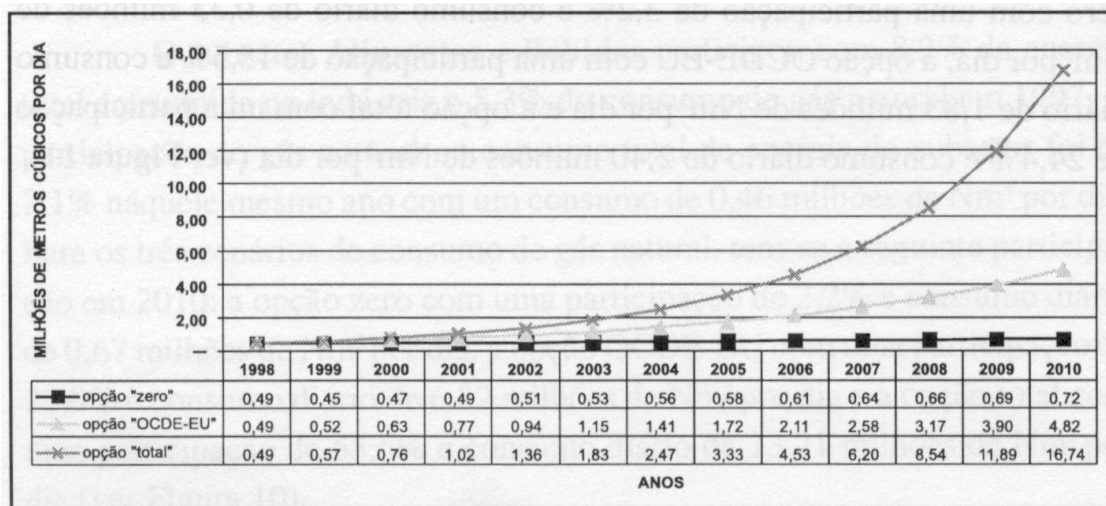
O subsetor **Têxtil** participou com 2,7% da energia total consumida na indústria e 2,5% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 3,0% neste mesmo ano com um consumo de 0,22 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 3,2% e consumo diário de 0,33 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 18,5% e consumo diário de 1,83 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 24,4% e consumo diário de 2,40 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 11).

**Figura 11 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor têxtil**



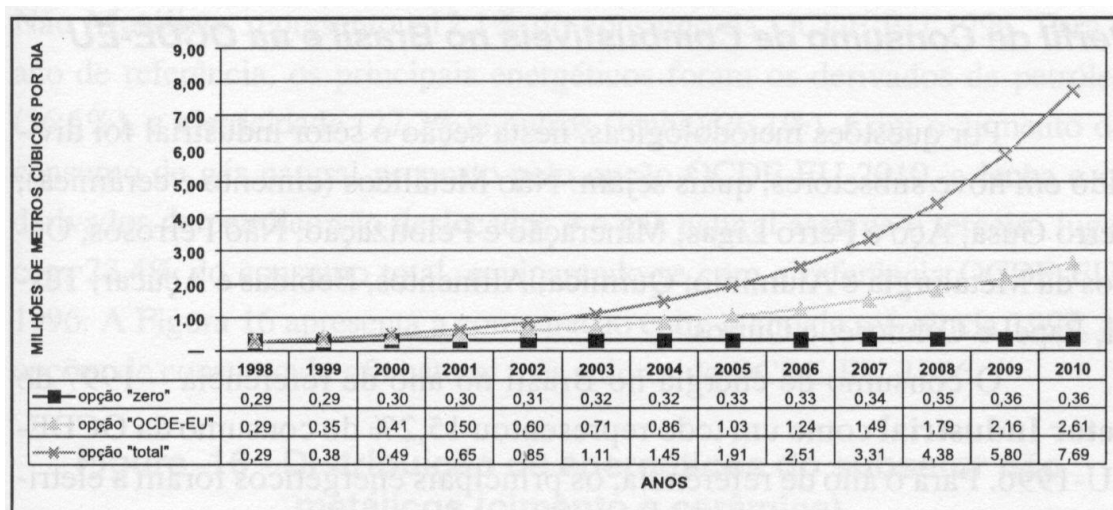
O subsetor **Papel e Celulose** participou com 8,7% da energia total consumida na indústria e 5,1% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 1,9% naquele mesmo ano com um consumo de 0,44 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 2,0% e consumo diário de 0,72 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 13,7% e consumo diário de 4,82 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção total com uma participação de 53,4% e consumo diário de 16,74 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 12).

**Figura 12 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor papel e celulose**



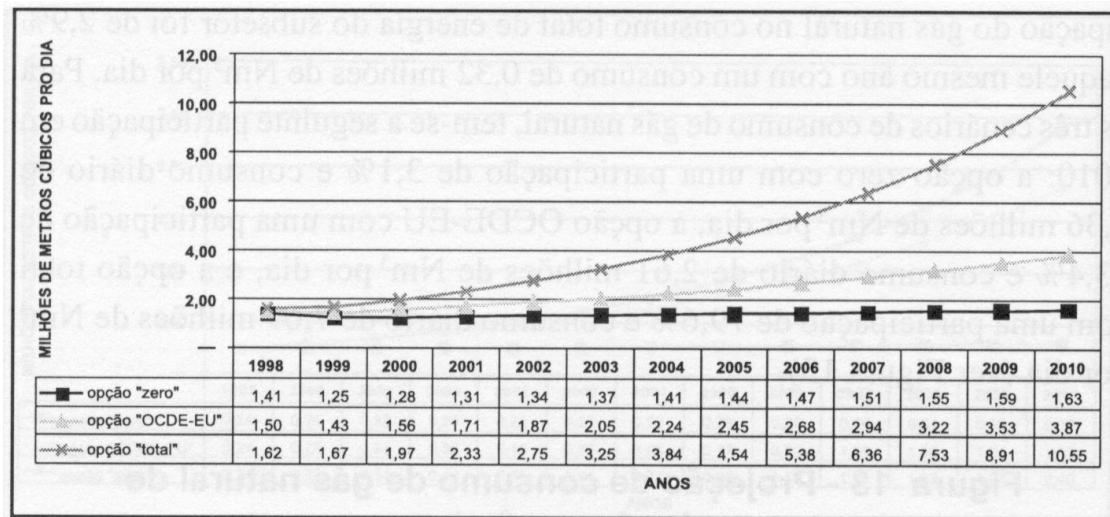
O subsetor **Cerâmica** participou com 4,1% da energia total consumida na indústria e 3,6% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 2,9% naquele mesmo ano com um consumo de 0,32 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação em 2010: a opção zero com uma participação de 3,1% e consumo diário de 0,36 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 23,4% e consumo diário de 2,61 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, e a opção total com uma participação de 79,6% e consumo diário de 7,69 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 13).

**Figura 13 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor cerâmica**



O subsetor “Outros” da indústria participou com 12,3% da energia total consumida na indústria e 16,4% do consumo de gás natural em 1997. A participação do gás natural no consumo total de energia do subsetor foi de 4,4% naquele mesmo ano com um consumo de 1,44 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia. Para os três cenários de consumo de gás natural, tem-se a seguinte participação: a opção zero com uma participação de 4,6% e consumo diário de 1,63 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia, a opção OCDE-EU com uma participação de 10,5% e consumo diário de 3,62 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia e a opção total com uma participação de 28,7% e consumo diário de 9,14 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia (ver Figura 14).

Figura 14 - Projeção de consumo de gás natural do subsetor outros

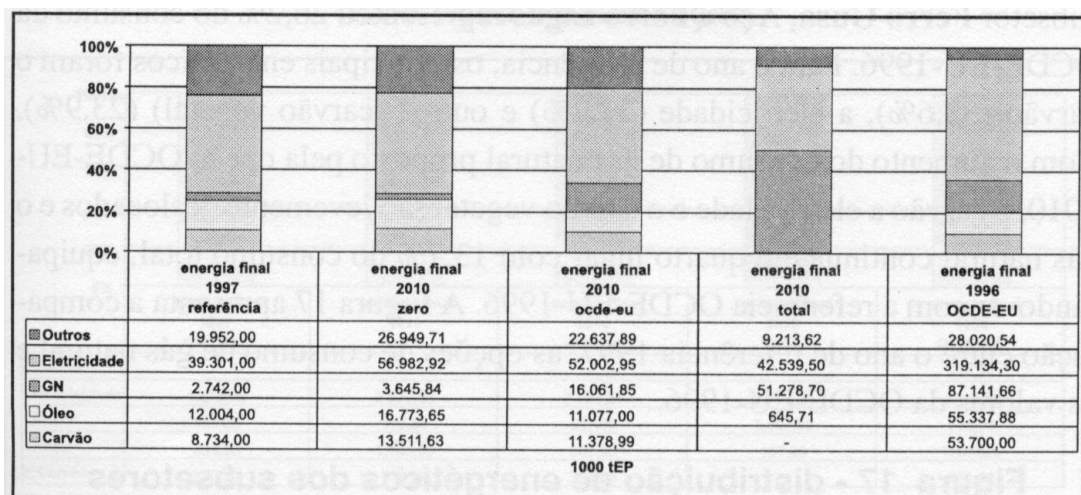


### Perfil de Consumo de Combustíveis no Brasil e na OCDE-EU

Por questões metodológicas, nesta seção o setor industrial foi dividido em nove subsetores, quais sejam: Não Metálicos (cimento e cerâmica); Ferro Gusa, Aço e Ferro Ligas; Mineração e Pelotização; Não Ferrosos, Outros da Metalurgia e Alumínio; Química; Alimentos, Bebidas e Açúcar; Têxtil; Papel e Celulose; e Outros.

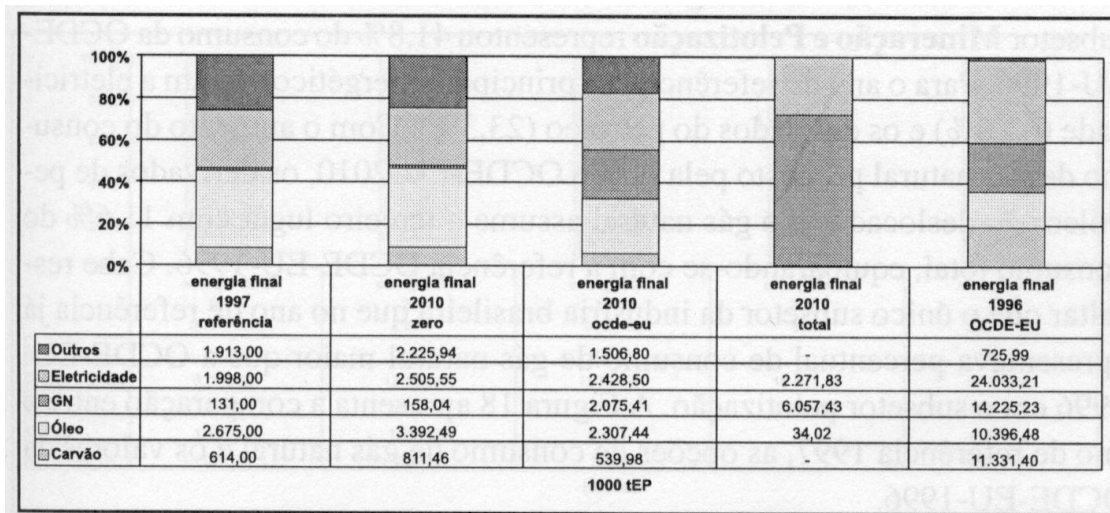
O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do **Setor Industrial** como um todo representou 15,2% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (47,5%), o outros (24,1%) e os derivados de petróleo (14,5%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, o outros (lenha) e os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o terceiro lugar com 14,2% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 15 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

Figura 15 - Distribuição de energéticos da indústria



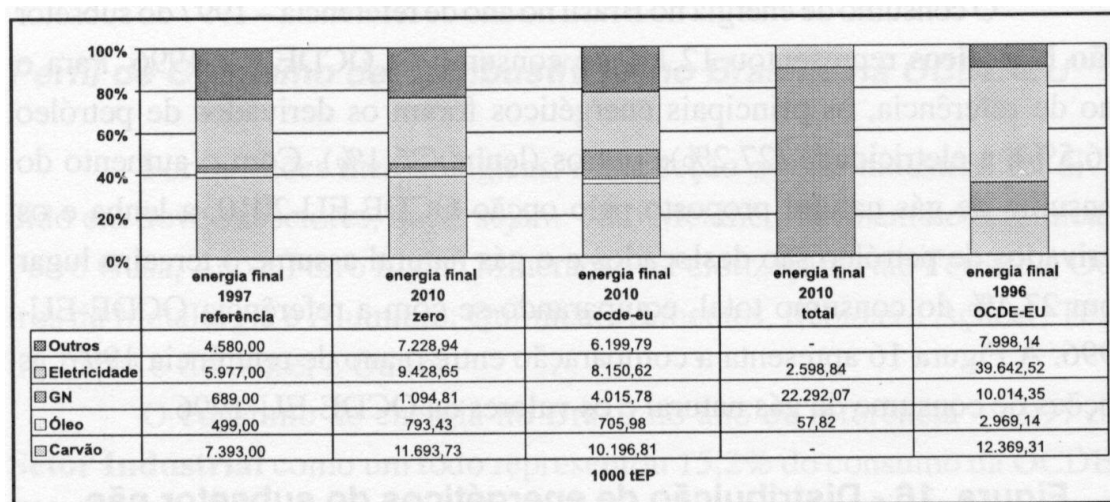
O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Não Metálicos** representou 12,1% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram os derivados de petróleo (36,5%), a eletricidade (27,2%) e outros (lenha)(26,1%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pelo opção OCDE-EU-2010, a lenha e os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o terceiro lugar com 23,4% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 16 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

Figura 16 - Distribuição de energéticos do subsetor não metálicos (cimento e cerâmica)



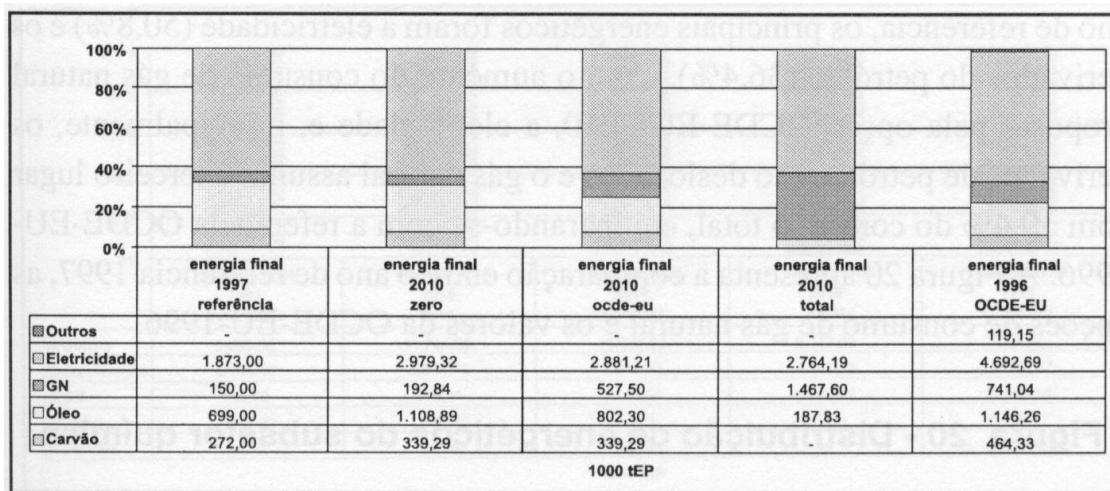
O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Ferro Gusa, Aço e Ferro Ligas** representou 26,2% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram o carvão (38,6%), a eletricidade (31,2%) e outros (carvão vegetal) (23,9%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, o carvão a eletricidade e o carvão vegetal são levemente deslocados e o gás natural continua em quarto lugar com 13,7% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 17 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

Figura 17 - Distribuição de energéticos dos subsectores ferro gusa, aço e ligas



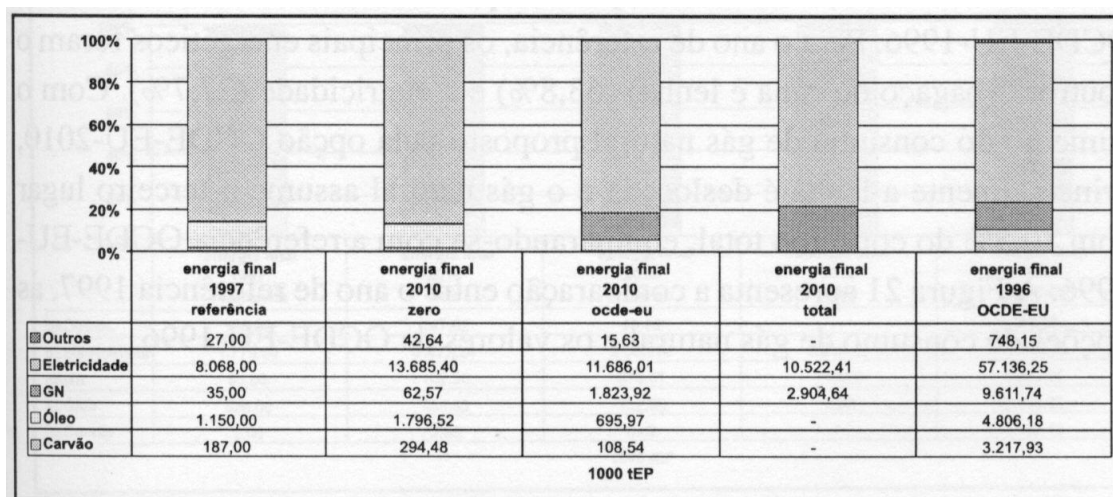
O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Mineração e Pelotização** representou 41,8% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (62,6%) e os derivados do petróleo (23,3%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o terceiro lugar com 11,6% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. Cabe ressaltar que o único subsetor da indústria brasileira que no ano de referência já apresentava percentual de consumo de gás natural maior que a OCDE-EU-1996 era o subsetor pelotização. A Figura 18 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

**Figura 18 - Distribuição de energéticos do subsetores mineração e pelotização**



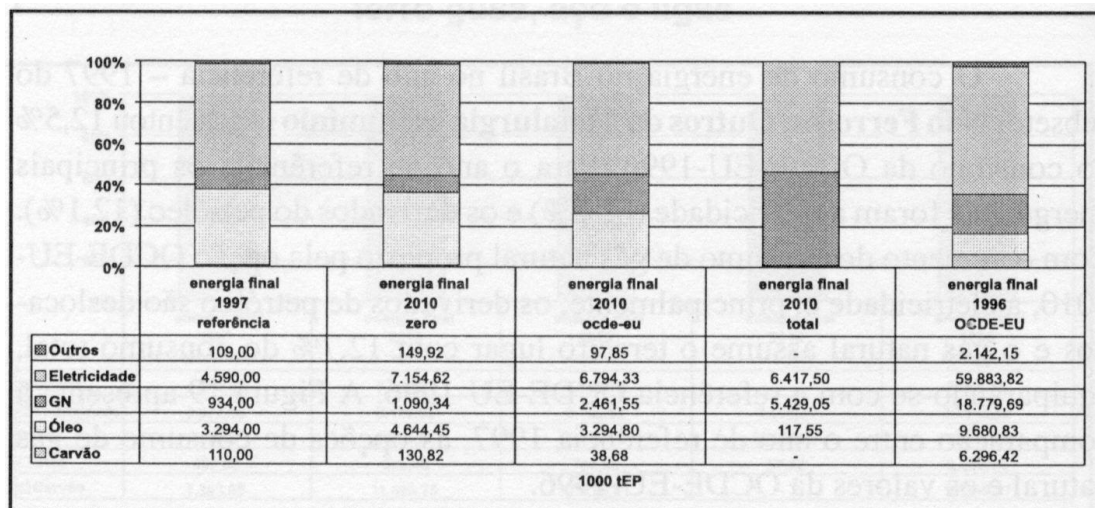
O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Não Ferrosos, Outros da Metalurgia e Alumínio** representou 12,5% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (82,2%) e os derivados do petróleo (12,1%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, a eletricidade e, principalmente, os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o terceiro lugar com 12,7% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 19 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

**Figura 19 - Distribuição de energéticos do subsetor não ferrosos incluindo alumínio**



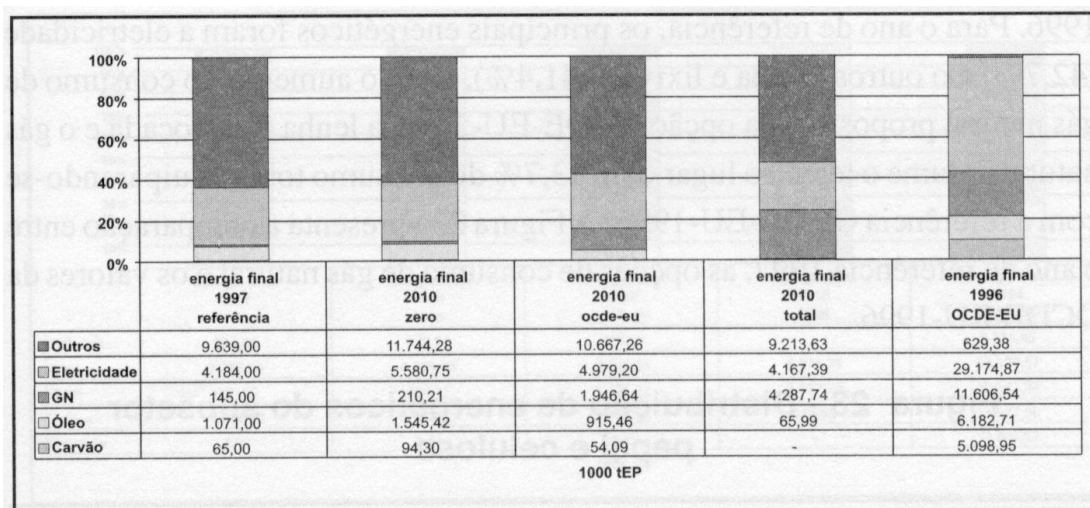
O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Química** representou 9,3% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (50,8%) e os derivados do petróleo (36,4%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, a eletricidade e, principalmente, os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o terceiro lugar com 19,4% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 20 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

**Figura 20 - Distribuição de energéticos do subsetor química**



O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Alimentos, Bebidas e Açúcar** representou 28,7% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram o “outros” (bagaço de cana e lenha) (63,8%) e a eletricidade (27,7%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, principalmente a lenha é deslocada e o gás natural assume o terceiro lugar com 10,5% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 21 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

**Figura 21 - Distribuição de energéticos do subsetor alim. e bebid. incl. açúcar**

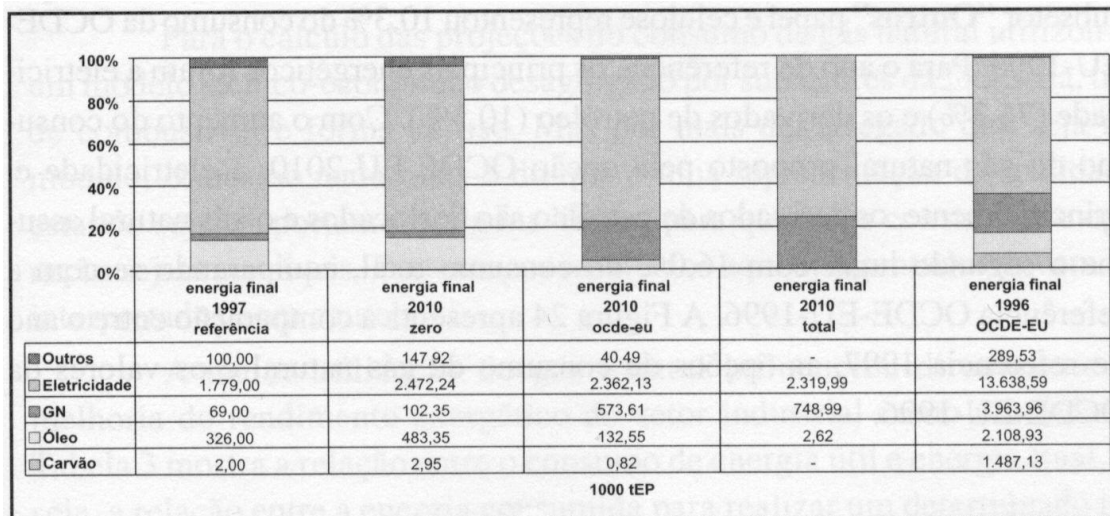


O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Têxtil** representou 10,6% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (78,2%) e os derivados de petróleo (14,3%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela



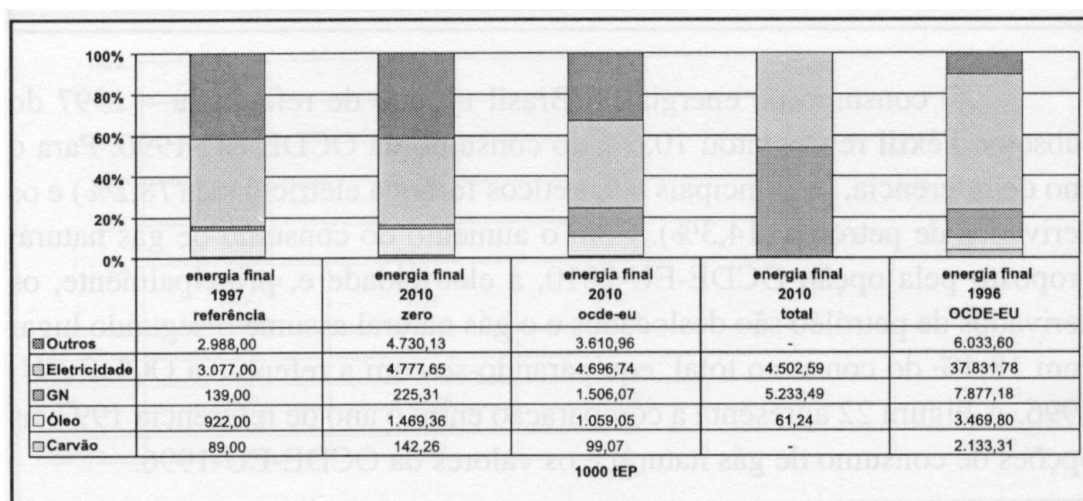
opção OCDE-EU-2010, a eletricidade e, principalmente, os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o segundo lugar com 18,4% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 22 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

Figura 22 - Distribuição de energéticos do subsetor têxtil



O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **Papel e Celulose** representou 12,6% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (42,7%) e o outros (lenha e lixívia) (41,4%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, a lenha é deslocada e o gás natural assume o terceiro lugar com 13,7% do consumo total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 23 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

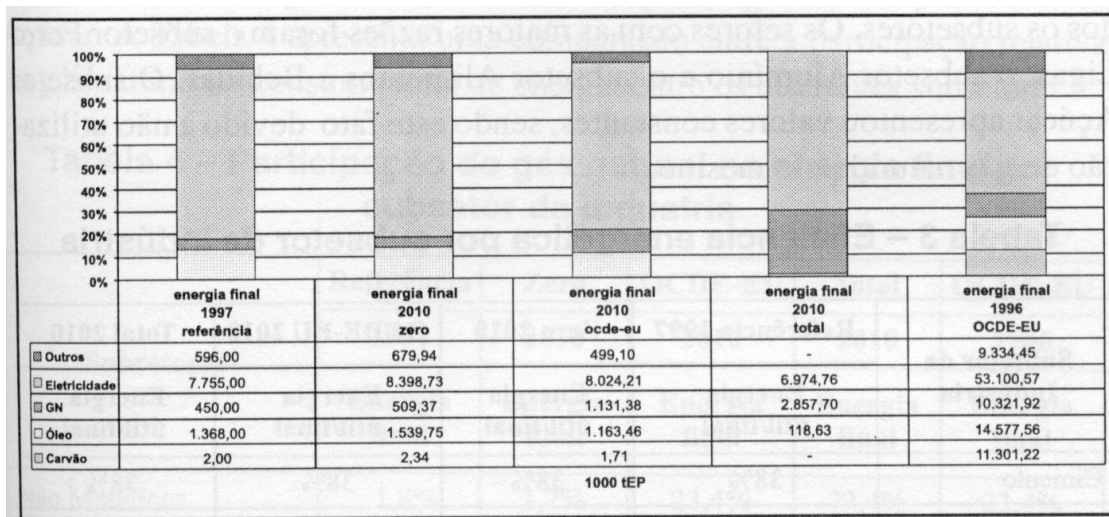
Figura 23 - Distribuição de energéticos do subsetor papel e celulose



O consumo de energia no Brasil no ano de referência – 1997 do subsetor **“Outros”** papel e celulose representou 10,3% do consumo da OCDE-EU-1996. Para o ano de referência, os principais energéticos foram a eletricidade (76,3%) e os derivados de petróleo (10,5%). Com o aumento do consumo de gás natural proposto pela opção OCDE-EU-2010, a eletricidade e, principalmente, os derivados de petróleo são deslocados e o gás natural assume o segundo lugar com 16,0% do consumo

total, equiparando-se com a referência OCDE-EU-1996. A Figura 24 apresenta a comparação entre o ano de referência 1997, as opções de consumo de gás natural e os valores da OCDE-EU-1996.

**Figura 24 - Distribuição de energéticos do subsetor outros da indústria**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gás natural está chegando ao Brasil sob uma nova ótica de mercado. Até um passado recente, o setor público ditava a política do setor energético. Atualmente, o País está sendo transformado, com o estado passando de executor para regulador. Portanto, as forças de mercado devem começar a agir. Sendo assim, o gás natural deverá ser crescentemente vendido aos consumidores. Para que isso ocorra, é importante se conhecer o seu mercado potencial, tendo sido este o principal objetivo deste trabalho. Assim, no decorrer deste trabalho o conhecimento sobre o consumo de energéticos pelo setor industrial e as possibilidades de inserção do gás natural foram aprofundados, bem como os limites de sua utilização delimitados.

Para o cálculo das projeções do consumo de gás natural utilizou-se um modelo técnico-econômico desagregado por subsetores da indústria, tipo de combustível e forma de uso. Mas por mais desagregado que seja um modelo, o mesmo nada mais é do que é uma representação da realidade, estando sujeito, portanto, a alguns limites para que a sua construção e operação sejam possíveis. Portanto, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados com cautela.

A maior utilização do gás natural influenciou diretamente na melhoria do rendimento energético do setor industrial como um todo. A Tabela 3 mostra a relação entre o consumo de energia útil e energia final, ou seja, a relação entre a energia consumida para realizar um determinado trabalho e a energia efetivamente necessária para a realização do mesmo, para o ano de referência e para as três hipóteses de consumo, contemplando todos os subsetores. Os setores com as maiores razões foram o subsetor Ferro Ligas, o subsetor Alumínio e o subsetor Alimentos e Bebidas. O subsetor Açúcar apresentou valores constantes, sendo este fato devido à não utilização de gás natural pelo mesmo.

**Tabela 3 - Eficiência energética por subsetor da indústria**

Subsetor da Indústria	Referência 1997	Zero 2010	OCDE-EU 2010	Total 2010
	Energia útil/final	Energia útil/final	Energia útil/final	Energia útil/final
Cimento	38%	38%	38%	38%
Ferro Gusa e Aço	61%	61%	62%	70%
Ferro Ligas	24%	24%	28%	49%
Mineração	30%	30%	31%	32%
Pelotização	40%	39%	39%	41%
Não Ferrosos	27%	26%	27%	28%
Alumínio	19%	19%	22%	24%
Química	46%	45%	47%	50%
Alimentos e Bebidas	43%	44%	47%	51%
Açúcar	58%	58%	58%	58%
Têxtil	37%	38%	39%	39%
Papel e Celulose	46%	47%	48%	54%
Cerâmica	38%	38%	40%	46%
Outras	29%	29%	30%	33%
Total Indústria	43%	43%	45%	49%

Fonte: Elaboração própria

A participação do gás natural no consumo total da indústria para o ano de referência era de 3,3%. Os principais subsectores eram: Química, Pelotização e Ferro Gusa, Aço e Ligas. A opção zero 2010, como era de se esperar, não promoveu o maior consumo do gás natural. Sendo assim, a participação do gás ficou praticamente estacionada, com 3,1%.

Na opção OCDE-EU 2010, os principais subsectores passam a ser o Não Metálicos, Química e Têxtil. A participação total do gás natural sobe para 14,2%, um pouco menos que a referência OCDE-EU-1996 que foi de 16,0%. Esta diferença é devida à não utilização de gás natural pelo subsector Açúcar. A Tabela 4 apresenta uma comparação entre a participação relativa do gás natural no consumo total de energia entre os diferentes subsectores.

**Tabela 4 - Participação do gás natural na energia final por subsetor da indústria**

Subsectores	Referência	Zero	OCDE-EU	Total	OCDE-EU
	1997	2010	2010	2010	1996
	Energia final	Energia final	Energia final	Energia final	Energia final
Não Metálicos	1,8%	1,7%	23,4%	72,4%	23,4%
Ferro Gusa, Aço e Ligas	3,6%	3,6%	13,7%	89,4%	13,7%
Mineração e Pelotização	5,0%	4,2%	11,6%	33,2%	10,3%
Não Ferrosos incl. Alumínio	0,4%	0,4%	12,8%	21,6%	12,7%
Química	10,3%	8,3%	19,4%	45,4%	19,4%
Alim. e Bebid. incl. Açúcar	1,0%	1,1%	10,5%	24,2%	22,0%
Têxtil	3,0%	3,2%	18,5%	24,4%	18,5%
Papel e Celulose	1,9%	2,0%	13,7%	53,4%	13,7%
Outros da Indústria	4,4%	4,6%	10,5%	28,7%	10,5%
Total da Indústria	3,3%	3,1%	14,2%	49,5%	16,0%

Fonte: Elaboração própria

Para que o potencial de consumo de gás natural seja realizado, o modelo projeta taxas anuais de crescimento visando atingir as hipóteses assumidas, ou seja, crescimento vegetativo para a opção zero 2010, equiparação ao nível de OCDE-EU-1996 para a opção OCDE-EU - 2010 e penetração total do gás natural para calor de processo e aquecimento direto para a opção total 2010. A Tabela 5 apresenta a comparação entre os vários subsetores. Para a opção OCDE-EU-2010, as taxas anuais chegam a valores extremamente altos, como os verificados para o subsetor Cimento com 36,1% ou para o subsetor Não Ferrosos com 27,7%. Isto mostra que para a realização da hipótese assumida, OCDE-EU-2010, será necessário um esforço de vendas muito grande, sem precedentes na indústria de gás natural do Brasil.

**Tabela 5 - Taxas necessárias de crescimento anual do gás natural na indústria**

SETOR	Zero	OCDE-EU	Total
	2010	2010	2010
Cimento	2,8%	36,1%	48,7%
Ferro Gusa e Aço	3,9%	14,8%	32,9%
Ferro Ligas	-	-	-
Mineração	-	-	-
Pelotização	1,9%	1,9%	14,7%
Não Ferrosos	4,2%	27,7%	33,0%
Alumínio	-	-	-
Químico	1,3%	8,4%	15,8%
Alimentos e Bebidas	3,2%	24,2%	32,7%
Açúcar	-	-	-
Têxtil	3,4%	19,3%	22,0%
Papel e Celulose	4,2%	22,1%	35,4%
Cerâmica	1,0%	19,1%	30,3%
Outras	1,0%	8,0%	16,6%
Total da Indústria	1,0%	15,9%	27,6%

Fonte: Elaboração própria

**Notas:** Os subsetores Ferro Ligas, Mineração e Alumínio não tiveram as suas taxas de crescimento calculadas, porque o consumo de gás natural em 98 foi zero ou insignificante. Para o subsetor Alumínio não foi previsto consumo de gás natural.

O consumo de gás natural do setor industrial tem um crescimento projetado de 8,77 milhões de Nm<sup>3</sup> / dia para 11,66 milhões de Nm<sup>3</sup> / dia entre o ano de referência 1997 e a opção zero 2010, representando isto apenas o crescimento vegetativo do setor. A opção OCDE-EU-2010 apresenta um consumo projetado de 51,61 milhões de Nm<sup>3</sup> / dia, elevando assim o padrão de consumo do setor industrial a níveis de OCDE-EU. A opção total 2010 apresenta um consumo previsto de 165,39 milhões de Nm<sup>3</sup> / dia.

A Tabela 6 apresenta o consumo total estimado de gás natural para os diferentes subsetores da indústria.

**Tabela 6 - Cenários de consumo de gás natural por subsetor em milhões de Nm<sup>3</sup>/dia.**

Subsetor da Indústria	Referência	Zero	OCDE-EU	Total
	1997	2010	2010	2010
Cimento	0,10	0,14	4,03	11,68
Ferro Gusa e Aço	2,20	3,49	11,54	66,93
Ferro Ligas	-	0,01	1,30	4,35
Mineração	-	0,02	1,09	2,20
Pelotização	0,48	0,60	0,60	2,49
Não Ferrosos	0,11	0,18	2,07	3,39
Alumínio	-	0,02	3,76	5,90
Química	2,99	3,49	7,87	17,36
Alimentos e Bebidas	0,46	0,67	6,22	13,71
Açúcar	-	-	-	-
Têxtil	0,22	0,33	1,83	2,40
Papel e Celulose	0,44	0,72	4,82	16,74
Cerâmica	0,32	0,36	2,61	7,69
Outras	1,44	1,63	3,87	10,55
<b>Total Indústria</b>	<b>8,77</b>	<b>11,66</b>	<b>51,61</b>	<b>165,39</b>

Fonte: Elaboração própria

Perante os cenários de consumo de gás natural aqui representados cabe a seguinte pergunta. Existe oferta suficiente para atender às demandas estimadas? Como citado anteriormente, o Brasil dispõe atualmente de cerca de 50 milhões de m<sup>3</sup> / dia de gás natural. Ao final de 2001, com o gás argentino, esta disponibilidade chegará a 65 milhões de m<sup>3</sup> / dia, e até 2010 poderá crescer o resto da capacidade do Gasbol de 15 milhões de m<sup>3</sup> / dia. Desta forma, em 2010 a disponibilidade será em torno de 125 milhões de m<sup>3</sup> / dia, contando com o aumento da produção nacional. A Tabela 7 resume as principais demandas do mercado de gás, privilegiando a comparação com a opção OCDE-EU devido à mesma ser a mais factível perante o significativo aumento de oferta de gás natural previsto para o país para os próximos anos.

**Tabela 7 - Projeção de produção e de importação de gás natural x consumo catarizado (milhões de Nm<sup>3</sup>/dia)**

Descrição da Origem/Destino	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Produção Brasileira	39,17	47,51	55,85	64,17	72,51	80,85
Importação da Argentina	2,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Importação da Bolívia	15,30	17,90	20,70	23,70	26,70	30,00
<b>Sub Total</b>	<b>56,47</b>	<b>80,41</b>	<b>91,55</b>	<b>102,87</b>	<b>114,21</b>	<b>125,85</b>
Consumo Industrial Opção OCDE-EU	9,62	12,60	16,86	23,26	33,54	51,61
Termoelétrico	2,00	15,00	30,00	60,00	60,00	60,00
Consumo Setor Energético e Transf.	9,01	10,93	12,85	14,76	16,68	18,60
Gás Natural como Matéria Prima	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Sub Total</b>	<b>24,63</b>	<b>42,52</b>	<b>63,71</b>	<b>102,02</b>	<b>114,01</b>	<b>134,96</b>
<b>Saldo</b>	<b>31,84</b>	<b>37,89</b>	<b>27,84</b>	<b>0,85</b>	<b>0,20</b>	<b>-9,11</b>

Fonte: Elaboração própria

**Notas:** 1) A produção brasileira de gás natural está baseada, até o ano de 2005, em valores fixados pelo Planejamento Estratégico de Petrobrás. Após 2005, assumiu-se que a produção de gás crescerá segundo a mesma taxa do período 1999-2005.

2) O consumo de setor energético e transformação foi considerado como perfazendo 23% da produção (ver Tabela 2 deste trabalho). Este consumo está fortemente atrelado à produção e tende a crescer paralelamente.

3) O consumo do gás natural como matéria prima foi considerada constante e um pouco acima dos valores históricos.

4) O consumo Termoelétrico foi baseado no Programa Prioritário de Termelétricas lançado pelo Ministério de Minas e Energia em fevereiro de 2000. Adotou-se o consumo de 4 milhões m<sup>3</sup>/dia para cada mil MW de potência instalados.

Em resumo, após a análise do potencial de consumo de gás natural pelo Setor Industrial no Brasil no período 1998-2010 e dos ganhos de eficiência energética devidos a uma maior utilização de gás natural por parte da Indústria do país, pode-se concluir que este o consumo pode ser elevado a níveis próximo dos níveis daqueles vigentes nas economias mais avançadas do planeta, haja vista os níveis de disponibilidade deste energético esperados para os próximos anos no país.

## **Bibliografia**

- MME (1984). Balanço de Energia Útil, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético.
- MME (1995). Balanço de Energia Útil, Modelo de Avaliação do Potencial de Economia de Energia, Ministério das Minas e Energia, Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia.
- MME (1990) Balanço Energético Nacional – 1989, Ministério da Infra-Estrutura, Secretária Nacional de Energia.
- MME (1999) Balanço Energético Nacional – 1998, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético.
- MME (2000) Balanço Energético Nacional – 1999, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético.
- MONTES, P.M.F.; O Potencial de Consumo de Gás Natural pelo Setor Industrial no Brasil, Tese de Mestrado, Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ; março de 2000
- PETROBRÁS(1999). Petrobrás Highlights Outubro de 1999, Superintendência de Planejamento, Petróleo Brasileiro SA.