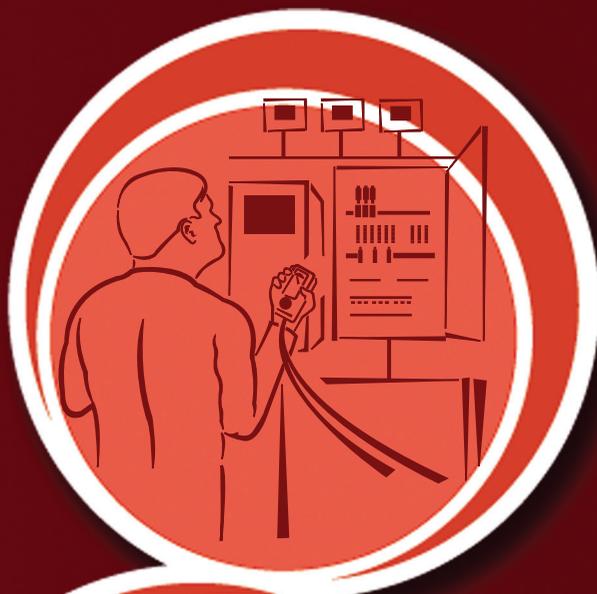


# OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

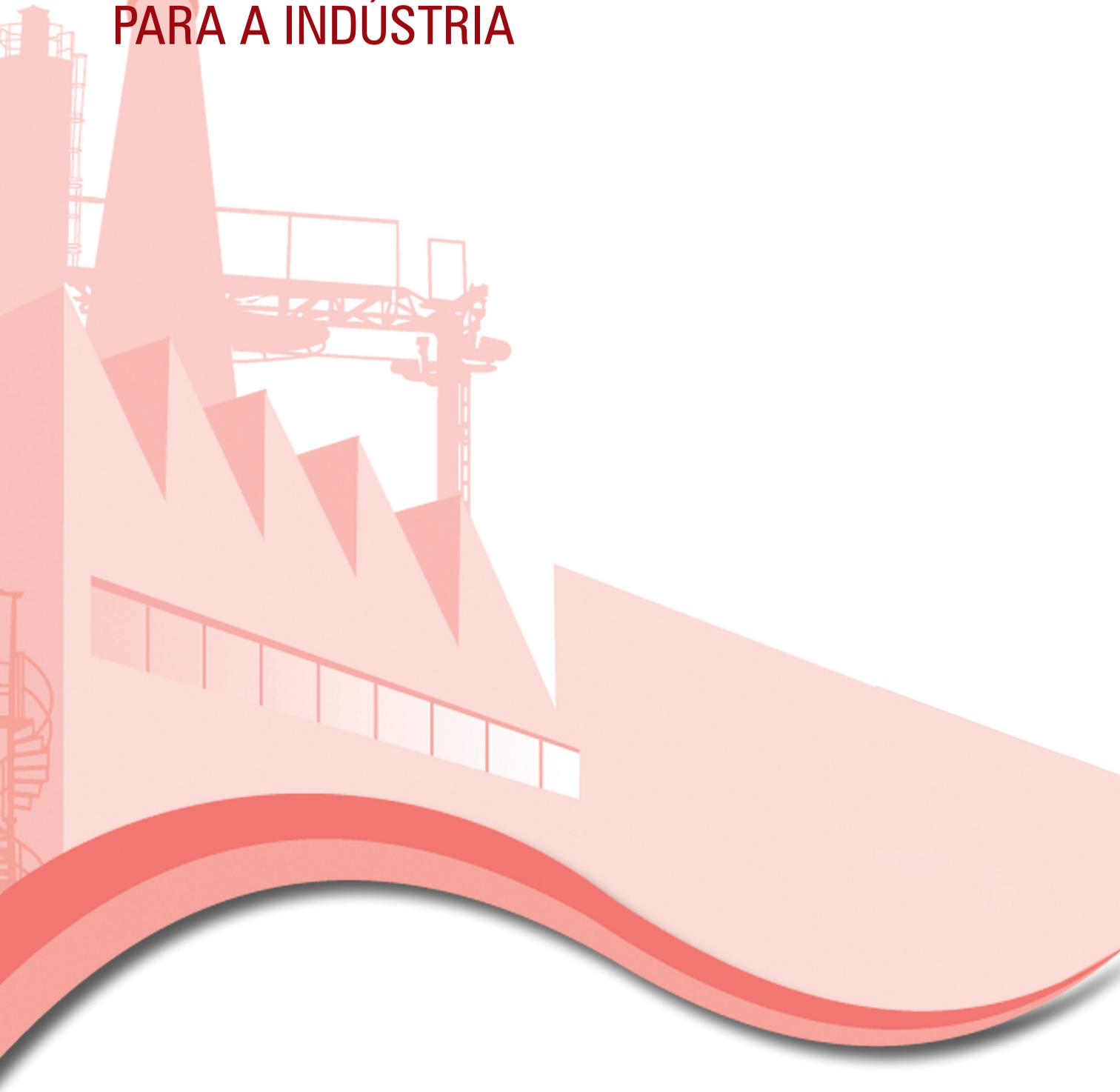
RELATÓRIO SETORIAL  
**FUNDIÇÃO**

BRASÍLIA – 2010





# OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA



## **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI**

Robson Braga de Andrade  
*Presidente em Exercício*

### **Diretoria Executiva – DIREX**

José Augusto Coelho Fernandes  
*Diretor*

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti  
*Diretor de Operações*

Heloísa Regina Guimarães de Menezes  
*Diretora de Relações Institucionais*

## **INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL**

### **IEL – Núcleo Central**

Paulo Afonso Ferreira  
*Diretor-Geral*

Carlos Roberto Rocha Cavalcante  
*Superintendente*

## **ELETRORBRAS**

José Antônio Muniz Lopes  
*Presidente*

Ubirajara Rocha Meira  
*Diretor de Tecnologia*

Fernando Pinto Dias Perrone  
*Chefe do Departamento de Projetos de Eficiência Energética*

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira  
*Chefe da Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio*

# OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL  
**FUNDIÇÃO**

ANDRÉ FELIPE SIMÕES  
SÉRGIO VALDIR BAJAY

BRASÍLIA – 2010

© 2010. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

**CNI**

**Unidade de Competitividade Industrial – COMPI**

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Trabalho elaborado pela CNI em parceria com a Eletrobras, no âmbito do PROCEL INDÚSTRIA.

---

**FICHA CATALOGRÁFICA**

---

S593o

Simões, André Felipe.

Oportunidades de eficiência energética para a indústria: relatório setorial: fundição / André Felipe Simões, Sérgio Valdir

Bajay. – Brasília: CNI, 2010.

47 p.

ISBN 978-85-7957-001-8

1. Eficiência Energética 2. Fundição I. Bajay, Sérgio Valdir I. Título II. Título: Fundição.

CDU: 336.226.46

---

**CNI**

*Confederação Nacional da Indústria*

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C, Edifício Roberto Simonsen, 70040-903, Brasília-DF

Tel.: (61) 3317- 9001, Fax: (61) 3317- 9994

<http://www.cni.org.br>

*Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC*

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

[sac@cni.org.br](mailto:sac@cni.org.br)

**ELETROBRAS**

Av. Presidente Vargas, 409, 13º andar, Centro, 20071-003, Rio de Janeiro RJ, Caixa Postal 1639

Tel 21 2514-5151

[www.eletrobras.com](http://www.eletrobras.com)

[eletrobr@eletrobras.com](mailto:eletrobr@eletrobras.com)

**PROCEL**

*Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica*

Av. Rio Branco, 53, 14º, 15º, 19º e 20º andares, Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ

[www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)

[procel@eletrobras.com](mailto:procel@eletrobras.com)

Ligação Gratuita 0800 560 506

**PROCEL INDÚSTRIA**

*Eficiência Energética Industrial*

Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro, 20090-004, Rio de Janeiro RJ

Fax: 21 2514-5767

[www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)

[procel@eletrobras.com](mailto:procel@eletrobras.com)

Ligação Gratuita 0800 560 506

# LISTA DE GRÁFICOS

## **Gráfico 1**

Segmentação das vendas de peças fundidas produzidas no Brasil, em 2005 **12**

## **Gráfico 2**

Evolução do consumo de energia elétrica pelo segmento industrial de fundição no Brasil, em 10<sup>3</sup> kWh, durante o período 2001-2005 **13**

## **Gráfico 3**

Evolução, de 2001 a 2006, da produção brasileira de fundidos, em toneladas **14**

## **Gráfico 4**

Evolução, de 1998 a 2006, da produção total de fundidos no Brasil, em toneladas **18**

## **Gráfico 5**

Segmentação da produção nacional de peças fundidas, em 2006 **18**

## **Gráfico 6**

Exportações brasileiras de fundidos, em t e em 10<sup>3</sup> US\$ FOB, de 1998 a 2006 **19**

## **Gráfico 7**

Valor adicionado das fundições no Brasil, em 10<sup>6</sup> R\$ de 2005, de 1996 a 2005 **20**

## **Gráfico 8**

Participação percentual das fundições na formação do PIB, de 1996 a 2005 **21**

## **Gráfico 9**

Evolução, de 1998 a 2005, do valor unitário de produção das fundições no Brasil **21**

## **Gráfico 10**

Relação entre investimentos e valor adicionado das fundições brasileiras, em 2004 e 2005 **22**

## **Gráfico 11**

Origem do capital aportado no setor brasileiro de fundição, em 2006 **22**

## **Gráfico 12**

Localização das empresas de fundição no território nacional, em 2006 **22**

## **Gráfico 13**

Evolução, de 2001 a 2006, do consumo de energéticos nas fundições brasileiras, em GJ **30**

## **Gráfico 14**

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados nas fundições no Brasil, de 2001 a 2006 **30**

## **Gráfico 15**

Parcelas de mercado dos energéticos consumidos nas fundições no Brasil em 2006 **31**

## **Gráfico 16**

Consumo e potencial técnico de conservação de energia térmica nas fundições brasileiras, em 2007 **37**

## **Gráfico 17**

Consumo e potencial técnico de conservação de energia elétrica nas fundições brasileiras, em 2007 **37**

## LISTA DE TABELAS

### **Tabela 1**

Evolução do consumo das principais matérias-primas demandadas pelas fundições **13**

### **Tabela 2**

Número de empregados, faturamento e investimentos das fundições no Brasil, de 1998 a 2006 **20**

### **Tabela 3**

Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) das fundições no Brasil, de 2001 a 2005 **31**

### **Tabela 4**

Produção, consumos energéticos, desagregados em energia térmica e eletricidade, e os respectivos consumos energéticos específicos das fundições no Brasil, de 2001 a 2006 **32**

### **Tabela 5**

Consumos energéticos específicos, produção e coeficientes de distribuição de energia nas fundições brasileiras, em 2007 **36**

## LISTA DE SIGLAS

**ABIFA:** Associação Brasileira de Fundição.

**APEX/Brasil:** Agência de Promoção de Exportações e Investimentos

**BEN:** Balanço Energético Nacional.

**BEU:** Balanço de Energia Útil.

**CETESB:** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

**EPE:** Empresa de Pesquisa Energética.

**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**IBS:** Instituto Brasileiro de Siderurgia.

**IEA:** *International Energy Agency*.

**INDI:** Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais.

**MME:** Ministério de Minas e Energia.

**PIB:** Produto Interno Bruto.

**SGM:** Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do MME.

# SUMÁRIO

## **1 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA 11**

- 1.1 Introdução **12**
- 1.2 Produtos, matérias primas e produção **12**
- 1.3 Etapas do processo produtivo **14**

## **2 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA 17**

- 2.1 Introdução **18**
- 2.2 Exportações **19**
- 2.3 Empregos gerados, faturamento e investimentos **19**
- 2.4 Indicadores macroeconômicos **20**
- 2.5 Principais empresas e sua distribuição regional **22**

## **3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL 25**

## **4 CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA 29**

- 4.1 Consumo de energia **30**
- 4.2 Intensidades elétrica e de energia térmica **31**
- 4.3 Consumos energéticos específicos **31**

## **5 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 33**

## **6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE POTENCIAL TÉCNICO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA 35**

- 6.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade **36**
- 6.2 Potencial de conservação de energia **36**
- 6.3 Potencial de conservação segundo o BEU **37**

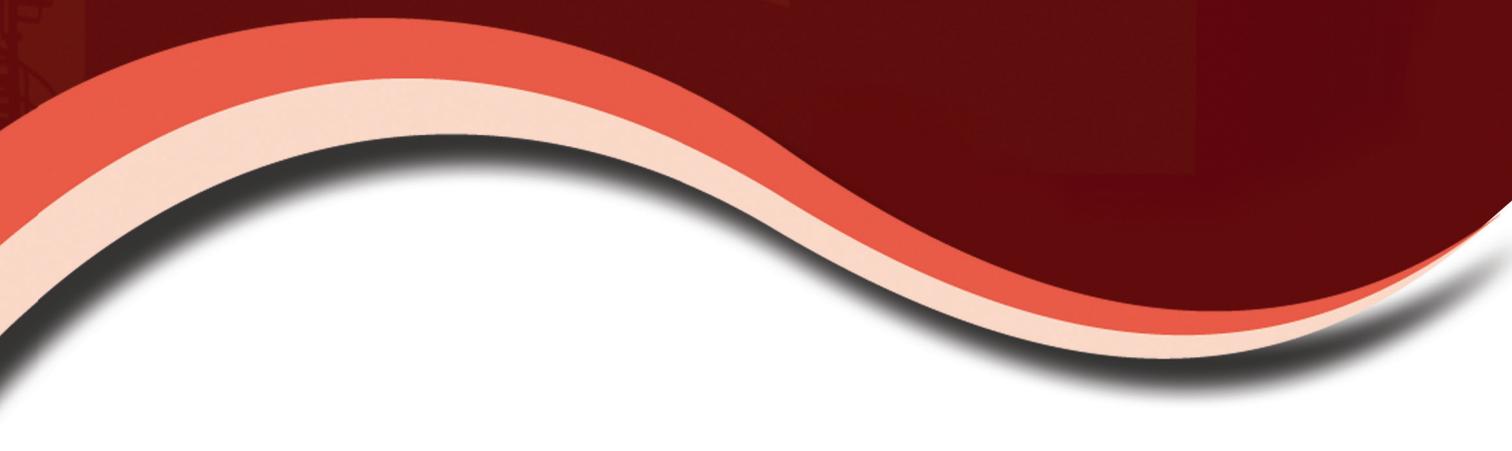
## **7 BARREIRAS AO USO RACIONAL DE ENERGIA 39**

## **8 CONCLUSÕES 41**

## **REFERÊNCIAS 45**



# 1 Caracterização Técnica

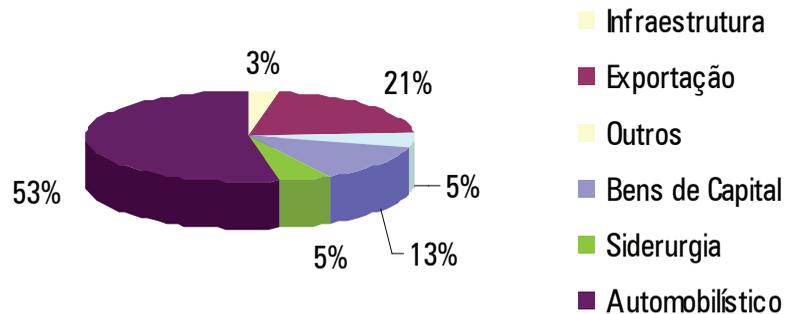
The image features a dark red background with a faint, semi-transparent illustration of an industrial facility, including a tall chimney and various structural elements. At the bottom, there are decorative wavy lines in shades of orange and red, creating a modern, graphic look.

# 1 Caracterização Técnica

## 1.1 Introdução

A indústria de fundição é um segmento da economia que se caracteriza pela produção de bens intermediários<sup>1</sup>, que são fornecidos para empresas de diversos segmentos. Entre eles, destacam-se as indústrias automobilística, de construção ferroviária e naval, de bens de capital (principalmente máquinas e implementos agrícolas) e de base, como a siderúrgica (lingoteiras e cilindros). Outros importantes demandantes de fundidos são o setor de mineração e fabricação de cimento (corpos moedores e peças de desgaste) e, ainda, o de extração/refino de petróleo (válvulas e outras peças).

Dados estatísticos relativos ao ano de 2005 revelam que, no Brasil, o principal destino dos produtos fundidos são as indústrias montadoras de veículos e de autopeças, com 53%, seguida pelo setor de bens de capital, com 13%; a indústria siderúrgica, com 5%; outros segmentos, com 5%; e, por último, o setor de infra-estrutura (que inclui o setor de saneamento), com 3% do total da produção de fundidos (Gráfico 18). Já as exportações compõem o percentual restante de 21% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO, 2007).



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO, 2007.

Gráfico 1

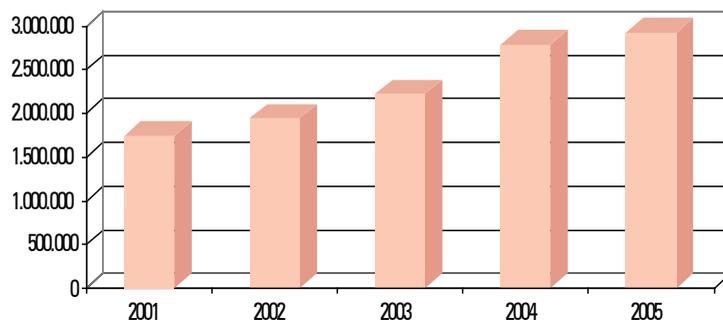
## Segmentação das vendas de peças fundidas produzidas no Brasil, em 2005

## 1.2 Produtos, matérias primas e produção

Modificações ocorridas tanto nos processos tecnológicos como nos equipamentos - destacando-se a substituição de fornos cubilô, utilizados na fusão de ferro, aço e suas ligas, por fornos elétricos - possibilitaram uma redução do consumo específico total de energia. Estas modificações propiciaram, entre 1991 e 2000, a diminuição do uso do coque de 22% para 15%, dos óleos combustíveis e de óleo diesel de 28% para 13% do consumo energético total; embora tenham acarretado um acréscimo no consumo relativo de energia elétrica, de 40% para 52%, e de gases combustíveis, de 10% para 20% (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS, 1999; INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2003).

<sup>1</sup> Bens intermediários são bens produzidos e utilizados na produção de outros bens, não estão disponíveis para o consumo final. Ex: tecido e lingote de aço produzidos pelas siderurgias.

Além das modificações ocorridas nos processos tecnológicos e equipamentos, cabe mencionar que o próprio processo de expansão do setor de fundição no Brasil (aspecto recente e relacionado à consistente expansão das exportações brasileiras de fundidos) tem concorrido para um quadro de aumento no consumo de energia elétrica por parte deste segmento da indústria nacional (Gráfico 2).



Fonte: Elaboração própria, com base em BRASIL, 2006a.

**Gráfico 2**

### **Evolução do consumo de energia elétrica pelo segmento industrial de fundição no Brasil, em 10<sup>3</sup> kWh, durante o período 2001-2005**

Além da energia elétrica, o principal insumo da indústria de fundição, há uma série de outros insumos demandados pelo segmento industrial de fundição. Tais insumos são apresentados, a seguir, na Tabela 1.

**Tabela 1**

### **Evolução do consumo de insumos energéticos das principais matérias-primas demandadas pelas fundições no Brasil, de 2001 a 2006**

| Itens            | Unidade | 2001    | 2002    | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      |
|------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Coque            | t       | 122.216 | 138.753 | 155.793   | 190.026   | 194.718   | 202.359   |
| Óleo combustível | t       | 63.078  | 62.275  | 74.527    | 101.651   | 101.133   | 97.204    |
| Óleo Diesel      | t       | 7.908   | 8.849   | 10.590    | 14.444    | 14.370    | 14.943    |
| Alumínio         | t       | -       | 129.080 | 149.990   | 222.176   | 221.132   | 209.895   |
| Gusa             | t       | 785.687 | 891.997 | 1.001.544 | 1.221.614 | 1.251.777 | 1.300.922 |
| Sucata           | t       | 539.984 | 610.807 | 694.495   | 811.258   | 855.098   | 895.108   |

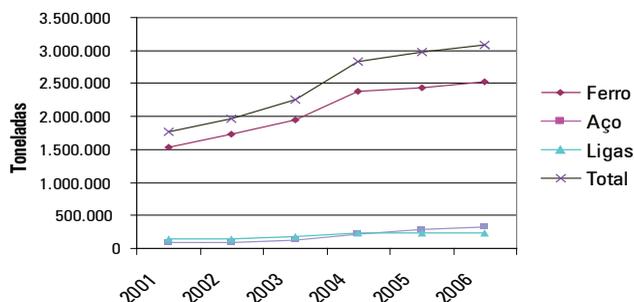
Fonte: BRASIL, 2006a e BRASIL, 2007.

O segmento de fundição apresenta uma característica bastante interessante, que é o uso de matérias-primas de origem nacional, garantindo, assim, total independência do mercado externo. Dentre estas destacam-se o ferro-gusa, o alumínio e as ferros-ligas.

No Brasil, a ocorrência abundante de sucata e minerais, sobretudo minério de ferro, além da disponibilidade energética e de insumos, como areia de fundição, bentonitas, resinas, catalisadores e coque de babaçu, contribuíram decisivamente para a definição do parque industrial de fundição nos moldes e dimensões atuais.

A evolução da produção brasileira de fundidos no período de 2001 a 2006 está indicada na Gráfico 3. Nitidamente, observa-se a preponderância de fundidos de ferro (82% da produção em 2006), que atendem ao principal deman-

dante da indústria de fundição no País, o setor automotivo. Os fundidos de aço e de metais não-ferrosos<sup>2</sup> responderam por 11% e 7%, respectivamente, da produção de metais fundidos em 2006. Dentre as ligas fundidas, as de alumínio destacam-se sobremaneira – o que é coerente com o fato da indústria brasileira do alumínio ser muito mais forte (em termos de produção física e de consumo energético) do que a dos demais metais não-ferrosos.



Fontes: BRASIL, 2006a e BRASIL, 2007.

Nota: Ligas correspondem a fundidos dos principais metais não ferrosos produzidos no Brasil, que são: Alumínio (que responde por cerca de 85% da produção de ligas fundidas entre 2001 e 2006), Cobre, Zinco e Magnésio.

### Gráfico 3 Evolução, de 2001 a 2006, da produção brasileira de fundidos, em toneladas

Cabe ressaltar que, historicamente, o Brasil posiciona-se entre os 10 maiores produtores mundiais de fundidos, costumeiramente ficando à frente de países importantes neste segmento industrial, como a Espanha e a Coréia.

A produção da indústria de fundição, quanto ao cliente atendido, é denominada independente ou cativa. A produção independente é constituída por produtos seriados, ao passo que a cativa é feita para atender a um cliente determinado.

Nos últimos anos, métodos de engenharia simultânea vêm sendo adotados na produção cativa e têm produzido bons resultados técnicos e econômicos. Este método adota uma abordagem sistêmica para integrar as diversas fases de desenvolvimento do produto e tem como característica principal a participação interativa do cliente no projeto e no processo produtivo. Esta participação vai desde a fase de desenho e especificações técnicas do projeto até a definição dos materiais empregados e o acompanhamento das diversas etapas de produção. Este processo de trabalho facilita o compartilhamento, a cooperação e tomada de decisões, bem como minimiza os problemas decorrentes dos modelos seqüenciais.

O segmento de fundição no Brasil é representado por, aproximadamente, 1,4 mil empresas - 94% de pequeno e médio portes e 6% de grande porte (BRASIL, 2007).

#### 1.3 Etapas do processo produtivo

A redução dos minerais metálicos e a fusão dos metais obtidos foram tão marcantes na vida da humanidade que deram nome a dois períodos da história da humanidade. Aquele em que ocorreram a descoberta e o desenvolvimento da técnica da fusão do estanho com o cobre, entre 3500 a.C. e 1400 a.C. ficou conhecido como Idade do Bronze e foi sucedido pela Idade do Ferro.

Os primeiros produtos de ferro tinham baixa resistência à fratura, característica que, posteriormente, foi corrigida com a inserção do carvão no ferro, via processo de fusão.

<sup>2</sup> No Brasil, os principais fundidos (ou peças fundidas) de metais não-ferrosos são as ligas de alumínio, cobre zinco e magnésio.

O processo utilizado pela indústria de fundição, em sua essência, consiste na fusão de ferro, aço ou metais não-ferrosos, como cobre, zinco, alumínio e magnésio, visando obter certas propriedades para o produto final. Na forma líquida, os metais e suas ligas são vazados no interior de moldes confeccionados com areias especiais aglomeradas com resinas próprias para esse fim, em formatos que reproduzem o objeto pretendido.

A tecnologia de produção de autopeças fundidas (o principal destino dos produtos fundidos no Brasil, conforme mencionado anteriormente) é de pleno domínio das fundidoras. Em fornos cubilô são produzidos os blocos em ferro cinzento; em fornos de indução, os blocos e cabeçotes em ferro nodular. As peças em ligas de aço são fabricadas com aço obtido em fornos a arco voltaico ou de indução.

Considerando que o grande gargalo e fator determinante do volume a ser produzido em uma fundição é a seção de moldagem, é justamente neste setor que ocorre boa parte das ações modernizadoras.

Na área de moldagem, a tendência atual é utilizar sistemas de moldagem de alta pressão, “*vacuum press*”, que propiciam melhores resultados em termos de qualidade e acabamento. A seção de macharia<sup>3</sup> utiliza os modernos sistemas de *warm box*<sup>4</sup> e *cold box*<sup>5</sup>.

O setor de vazamento, onde a liga fundida é colocada dentro do molde, tem sido modernizado com a adoção de painéis vazadoras e fornos automáticos.

Conforme mencionado na seção anterior deste relatório, a energia elétrica é o principal insumo da indústria de fundição. Nesse contexto, é interessante observar que o processo de modernização perpetrado neste importante segmento da indústria nacional traduziu-se em um aumento na sua demanda por eletricidade. Exemplar nesse contexto é o crescente processo de substituição de fornos cubilô, utilizados na fusão de ferro, aço e suas ligas, por fornos elétricos.

Tal modernização está se fazendo necessária para atender a todo um contexto internacional de aumento da qualidade das peças fundidas, demandadas, principalmente, pelo setor automobilístico. Porém, o contexto desta modernização trouxe um revés de considerável importância: a dependência deste segmento industrial por energia elétrica barata e confiável. Assim, algumas grandes empresas de fundição instaladas no Brasil, como, por exemplo, a Fundação Tupy, têm buscado implementar estratégias voltadas à redução do consumo de eletricidade.

As principais estratégias voltadas à redução do consumo de eletricidade pela indústria de fundição têm se baseado, fundamentalmente, na otimização dos seguintes equipamentos (todos eles grandes consumidores de energia elétrica):

- Compressores;
- Moinhos;
- Máquinas de moldagem.

<sup>3</sup> Na seção de macharia ocorre a produção de machos, que são pequenas peças desenvolvidas em areia com o intuito de manter determinadas partes da casca vazadas. O macho é usado quando a peça a ser fundida necessita de reentrâncias ou furos, nesse caso o modelo já é projetado com os alojamentos dos machos, que são moldados em material refratário (geralmente o mesmo do molde) e montados dentro do molde.

<sup>4</sup> No sistema *warm box*, pega-se o molde do macho que é dividido em duas partes, as partes são unidas e enche-se o molde com areia e resina, aquece-se a placa (aproximadamente 250°C), após o aquecimento abre-se as placas, e retira-se o macho.

<sup>5</sup> O processo *cold-box* permite a fabricação de machos com grande rapidez e geralmente tem um teor de aproximadamente 1,5% de resina reticulada sobre os grãos, enquanto o processo Shell (ou *warm-box*) possui normalmente 4% de resina, o que confere aos machos uma maior resistência mecânica, porém um custo mais elevado.



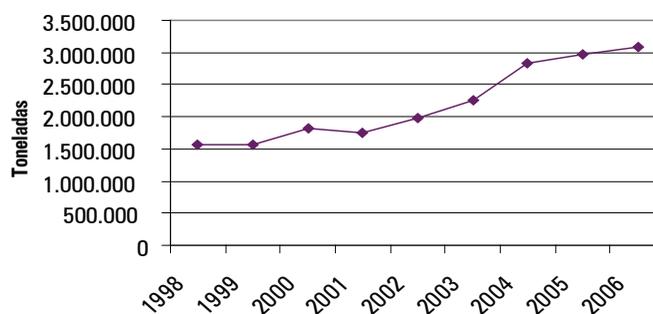
# 2 Caracterização Econômica



## 2 Caracterização Econômica

### 2.1 Introdução

A produção brasileira de fundidos teve um crescimento acelerado nos últimos quatro anos (Gráfico 4), acumulando, nesse período, um crescimento de 57%. A produção nacional, em 2006, apresentou a seguinte distribuição de fundidos: 82% de ferro, 11% de aço e 7% de não-ferrosos (ver Figura 5). Em 2006, a produção foi de 3,0 Mt, com um crescimento de 4% em relação a 2005. No cenário internacional, o Brasil é o 7º maior produtor, com 3,4% de participação (BRASIL, 2007a).



Fontes: BRASIL, 2003; BRASIL, 2004; BRASIL, 2005; BRASIL, 2007a.

Gráfico 4

Evolução, de 1998 a 2006, da produção total de fundidos no Brasil, em toneladas



Fonte: BRASIL, 2007a.

Gráfico 5

Segmentação da produção nacional de peças fundidas, em 2006

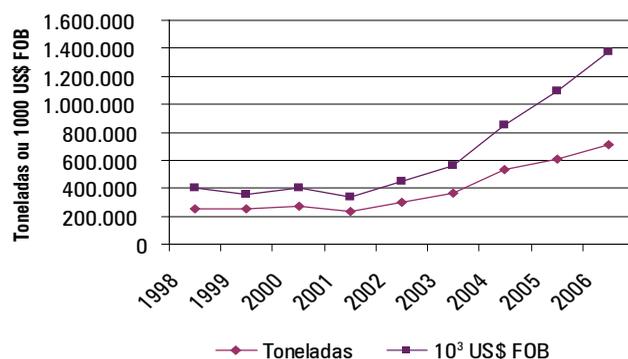
No mercado interno, 52% da produção são destinados à indústria automotiva. Merecem destaque ainda, neste mercado, os segmentos de siderurgia, bens de capital e ferroviário (BRASIL, 2007a).

Atualmente, as fundições no Brasil dispõem de uma capacidade instalada equivalente a 3,7 mega toneladas ao ano. Investimentos da ordem de US\$ 500 milhões até 2011 devem elevar esta capacidade instalada para 4,0 Mt (BRASIL, 2007a).

A crescente onda de aquisições, fusões e mesmo associações com empresas que detém tecnologias avançadas também tem ocorrido nas indústrias de autopeças e de fundição. Por exemplo, a Metal Leve, uma das maiores fabricantes de autopeças, com a venda de seu controle à empresa alemã Krebssoege, passará a utilizar, na produção de bielas sintetizadas a partir de pó de ferro, a tecnologia externa fornecida pela sua compradora. Hoje, no Brasil, as bielas são forjadas ou fundidas. Tal processo traduz-se num produto final de melhor qualidade, geralmente fabricado a partir de uma menor demanda energética e geração de impactos ao meio ambiente.

## 2.2 Exportações

O Gráfico 6 mostra a evolução das exportações de produtos fundidos, tanto em valores físicos como monetários, no período de 1998 a 2006. Pode-se observar que, com a exceção de 1999 e 2001, em todos os outros anos houve um crescimento das exportações, segundo os dois indicadores representados na tabela. Em 2006, 23% dos fundidos produzidos no Brasil foram exportados. Atualmente, as exportações podem ser consideradas como a principal força-motriz para o crescimento das fundições no País.



Fontes: BRASIL, 2003; BRASIL, 2004; BRASIL, 2005; BRASIL, 2007a.

Gráfico 6

Exportações brasileiras de fundidos, em t e em 10<sup>3</sup> US\$ FOB, de 1998 a 2006

## 2.3 Empregos gerados, faturamento e investimentos

As evoluções, de 1998 a 2006, do número de empregados, faturamento e investimentos das fundições brasileiras estão indicadas na Tabela 2. O faturamento e o número de empregados cresceram continuamente ao longo deste período, com a exceção de 2006, o que provavelmente já reflete os investimentos decrescentes no triênio 2004 / 2005 / 2006.

Tabela 2

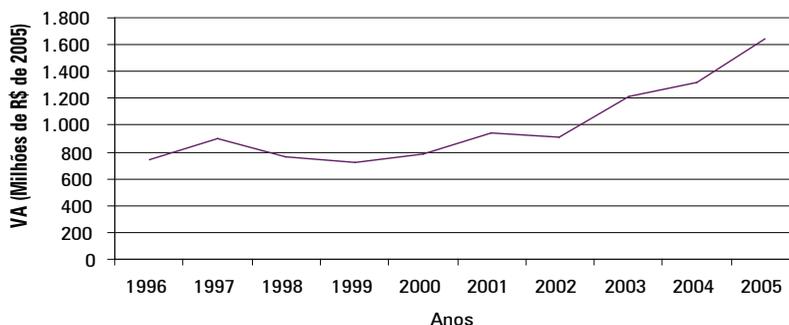
## Número de empregados, faturamento e investimentos das fundições no Brasil, de 1998 a 2006

|   | 1998   | 1999   | 2000   | 2001   | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nº de empregados                            | 37.783 | 38.202 | 41.407 | 42.409 | 43.918 | 47.198 | 55.809 | 58.761 | 55.324 |
| Faturamento (10 <sup>6</sup> R\$ de 2005)   | 5.299  | 7.030  | 7.838  | 7.870  | 9.617  | 10.337 | 13.171 | 13.633 |        |
| Investimentos (10 <sup>6</sup> R\$ de 2005) | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | n.d.   | 941    | 730    | 479*   |

Fontes: BRASIL, 2003; BRASIL, 2004; BRASIL, 2005; BRASIL, 2007a.

## 2.4 Indicadores macroeconômicos

O Gráfico 7 mostra a evolução, de 1996 a 2005, do Valor Adicionado<sup>1</sup> (VA) das fundições no Brasil, em R\$ constantes de 2005. Pode-se observar, pelos dados da mencionada figura, praticamente uma estagnação com pequenas oscilações durante o período de 1996 a 2002 e fortes saltos de crescimento em 2003 e 2005. Tais surtos de crescimento devem-se, basicamente a dois fatores: valorização dos mercados nacional e internacional de peças fundidas; e evolução da percepção do setor de fundição a respeito da necessidade de reduzir demandas produtivas (matérias-primas diversas, em especial, a energia). Observa-se que o crescimento médio anual do VA no período de 1996 a 2005 aproximou-se de 9% a.a., bem superior ao crescimento médio do PIB no mesmo período, que foi de 2,4% a.a.



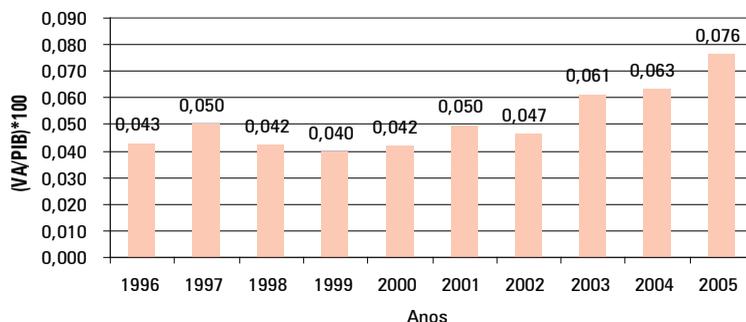
Fonte: <http://www.ibge.gov.br>

Gráfico 7

Valor adicionado das fundições no Brasil, em 10<sup>6</sup> R\$ de 2005, de 1996 a 2005

<sup>1</sup> Valor Adicionado é uma noção que permite medir o valor criado por um agente econômico. Em termos macroeconômicos, é o valor dos bens produzidos por uma economia (ou setor econômico), depois de deduzidos os custos dos insumos adquiridos a terceiros (matérias-primas, serviços, bens intermediários), utilizados na produção.

O Gráfico 8 a seguir ilustra a participação percentual das fundições na formação do PIB, de 1996 a 2005. Os dados da figura implicitamente apontam que a evolução de tal participação, entre 1996 e 2005, guardou relação com o aquecimento ou com o desaquecimento das exportações de peças fundidas produzidas no Brasil.



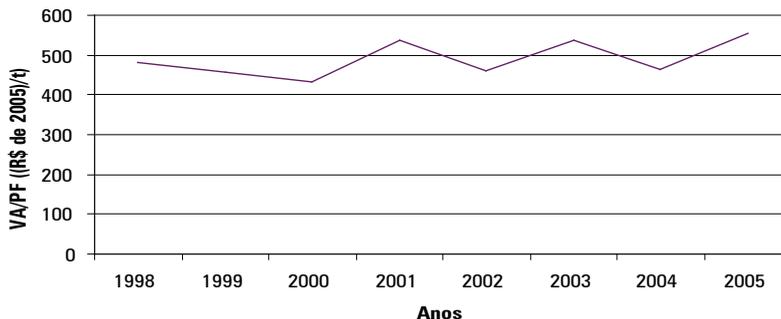
Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2008).

**Gráfico 8**

**Participação percentual das fundições na formação do PIB, de 1996 a 2005**

Dividindo-se os valores adicionados (VA) anuais das fundições, do Gráfico 7, pelos valores correspondentes de produção física total (PF), do Gráfico 6, obtém-se a série de valores unitários de produção (VUP) desta indústria, ilustrada no Gráfico 9. Pode-se constatar, nesta figura, as oscilações do VUP em torno de 500 (R\$ de 2005)/t e uma tendência de um pequeno crescimento.

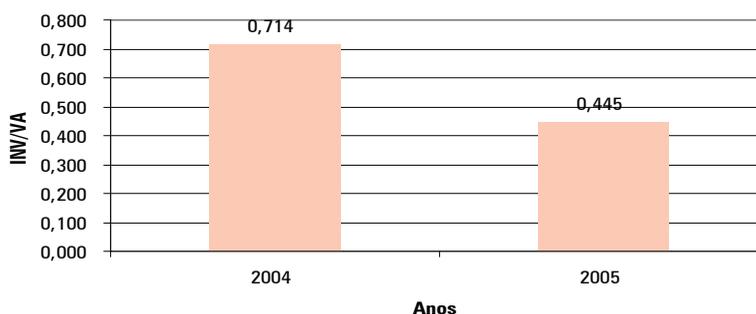
Dividindo-se as informações disponíveis de investimentos das fundições instaladas no País, na Tabela 2, pelos valores correspondentes de VA, no Gráfico 7, obtém-se os quocientes representados no Gráfico 10. Este Gráfico ilustra bem a queda, relativa ao VA, destes investimentos, de 2004 a 2005.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE e do MME.

**Gráfico 9**

**Evolução, de 1998 a 2005, do valor unitário de produção das fundições no Brasil**



Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 10**  
**Relação entre investimentos e valor adicionado das fundições brasileiras, em 2004 e 2005**

## 2.5 Principais empresas e sua distribuição regional

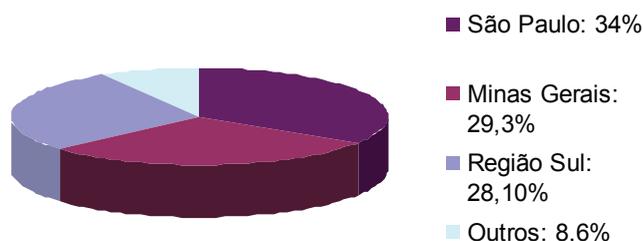
Há cerca de 1,4 mil empresas que fabricam fundidos no Brasil, sendo 94% de pequeno e médio portes e 6% de grande porte (BRASIL, 2007a). Do total das empresas de fundição instaladas no País, 97% são de capital nacional e 3% estrangeiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO, 2007) (ver Gráfico 17).



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO, 2007.

**Gráfico 11**  
**Origem do capital aportado no setor brasileiro de fundição, em 2006**

A maior parte das empresas de fundição está localizada nos Estados de São Paulo (34%) e Minas Gerais (29,3%) e na região Sul do País (28,1%) (APEX/Brasil, 2007) (ver Gráfico 12).



Fonte: APEX/Brasil, 2007.

**Gráfico 12**  
**Localização das empresas de fundição no território nacional, em 2006**

As fundições que atendem ao setor de autopeças são as que mais se destacam no setor (em termos de produção física e comercialização). Nesse contexto, cabe mencionar as seguintes empresas:

- FMB (Fundição de Betim);
- Thyssen;
- Cofap;
- Grupo Tupy-Sofunge/Bradesco.

Quanto à fundição de precisão, sobressaem-se a Fupresa (localizada em Indaiatuba, na Região Metropolitana de Campinas, São Paulo), a Açotécnica (localizada na cidade de Jandira, São Paulo) e a Microinox<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> A Microinox, localizada no município de Caxias do Sul (Rio Grande do Sul), possui a maior planta da América do Sul (na área de produção de aço inox ou aço ao carbono) em tonelagem mensal produzida. A empresa possui uma área construída de aproximadamente 7.400 m<sup>2</sup>, tendo como capacidade produtiva atual 140 toneladas/mês.



# 3 Caracterização Ambiental



### 3 Caracterização Ambiental

**D**e fato, são muitos os tipos de processos e operações poluidoras nas fundições. Mas, basicamente, podem ser divididos em quatro grandes grupos os tipos de poluição gerada:

De fato, são muitos os tipos de processos e operações poluidoras nas fundições. Mas, basicamente, podem ser divididos em quatro grandes grupos os tipos de poluição gerada:

- A poluição do ar;
- Os efluentes líquidos;
- Os resíduos sólidos;
- A poluição sonora.

A poluição do ar ocorre através de emissões de material particulado (ferro, sílica, óxidos metálicos, etc.) e gases como monóxido de carbono, dióxido de enxofre, gás sulfídrico, formaldeídos, amônia, hidrocarbonetos e fluoretos. As tecnologias de controle incluem ciclones, lavadores de gases, filtros de manga e precipitadores eletrostáticos.

Somente são gerados efluentes líquidos nas fundições quando são empregados lavadores como equipamentos de controle de poluentes. Os efluentes líquidos das fundições apresentam quantidades variáveis de material particulado, que é constituído, basicamente, de ferro e óxidos como  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  e  $MnO$ . Dependendo da qualidade da sucata de ferro utilizada como matéria-prima, os efluentes poderão conter pequenas quantidades de óxido de zinco e chumbo e elementos como manganês, cromo, estanho, titânio, molibdênio, zircônio, níquel, cobre, cobalto, prata e cádmio.

A água dos lavadores pode circular em um circuito fechado, passando por um sistema de decantação intermediário para posterior recirculação, ou em um circuito semifechado, que apresenta uma purga constante, e também deve ser submetida ao processo de decantação. Este último pode ocorrer através de lagoas de sedimentação, com duas ou mais lagoas funcionando alternadamente, de modo a possibilitar a secagem do lodo retido em uma das lagoas. Também pode ser realizado por decantadores com dispositivo de coleta de lodo, no caso da utilização de filtros prensa ou filtros a vácuo.

Os principais resíduos sólidos gerados nas fundições são:

- O pó retido no caso do emprego de equipamentos de controle de poluição do tipo seco;
- Lamas ou lodos desidratados, provenientes dos sistemas de decantação, no caso da utilização de lavadores como equipamentos de controle de poluentes; e
- Escória proveniente dos fornos elétricos.

Os resíduos sólidos gerados nas fundições podem usualmente ser dispostos em aterros sanitários convencionais. Antes disto, entretanto, deve ser feito um teste de lixiviação, de acordo com o Método de Ensaio - Lixiviação de Resíduos Industriais, CETESB<sup>1</sup> L5- 510, e, caso o extrato de uma amostra representativa contiver quaisquer contaminantes em concentrações iguais ou superiores a valores pré-determinados, então o resíduo é considerado tóxico e, portanto, classificado como perigoso (Classe 1).

Associado ao processo produtivo das fundições há também a poluição sonora.

As informações disponíveis sobre a indústria de fundição revelam elevados fatores de utilização da atual capacidade instalada. O aumento desta capacidade está condicionado à modernização dos equipamentos já instalados e a aquisição de novas máquinas. A mais importante das modificações, com benefícios para o meio ambiente atmosférico, é a substituição dos fornos cubilô, que possibilita a utilização de energia elétrica em vez de insumos não-renováveis.

<sup>1</sup> CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do Governo de São Paulo.

Deve-se ressaltar que a expansão do parque produtivo das fundições terá que priorizar uma relação mais amigável entre meio ambiente, homem e fábrica. Por orientação e determinação das entidades de meio ambiente, tem-se buscado implantar, nas fundições brasileiras, as normas da família ISO 14.000, conhecidas também como Selo Verde. A disposição correta dos restos de areias de fundição, a lavagem de gases efluentes e a adoção de sistemas para eliminação de partículas em suspensão inserem-se nesse contexto.



# 4 Caracterização Energética



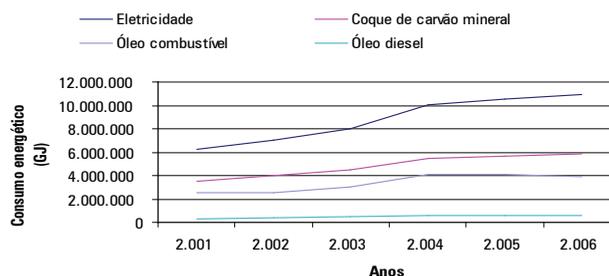
## 4 Caracterização Energética

### 4.1 Consumo de energia

O segmento industrial das fundições não é representado individualmente no Balanço Energético Nacional (BEN). A Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia (MME), no entanto, compila estatísticas não só sobre a produção, importações, exportações, faturamento, investimentos e número de empregados das fundições, mas, também, dados sobre seu consumo de matérias-primas, como ferro-gusa, alumínio e sucata, e principais insumos energéticos.

O energético mais consumido nas fundições é a energia elétrica. Entre os combustíveis, o maior consumo é o de coque de carvão mineral, vindo, a seguir, o óleo combustível e, bem atrás, o óleo diesel. Conforme ilustrado no Gráfico 13, o consumo destes quatro energéticos cresceu bastante entre 2001 e 2006. As fundições ainda consomem gases combustíveis, que não são monitorados pela SGM/MME.

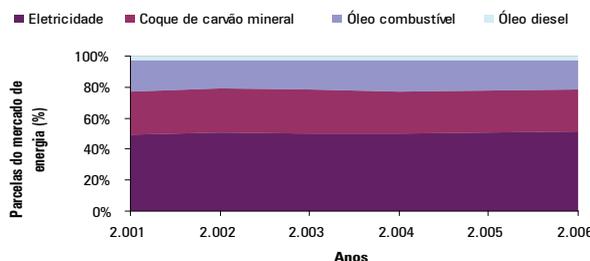
O Gráfico 14 mostra que as parcelas de mercado dos quatro energéticos consumidos nas fundições do País variaram muito pouco de 2001 a 2006. Em 2006, a eletricidade era responsável por 52% do consumo energético total das fundições, o coque de carvão mineral por 27%, o óleo combustível por 18% e o óleo diesel por 3% (Gráfico 15).



Fonte: Elaboração própria, com dados de (BRASIL, 2006b) e (BRASIL, 2007a)

Gráfico 13

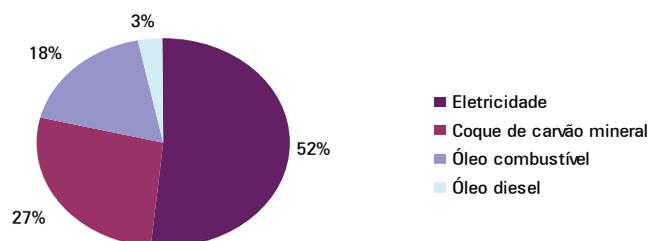
Evolução, de 2001 a 2006, do consumo de energéticos nas fundições brasileiras, em GJ



Fonte: Elaboração própria, com dados de (BRASIL, 2006b) e (BRASIL, 2007a).

Gráfico 14

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados nas fundições no Brasil, de 2001 a 2006



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do BRASIL (2007a).

**Gráfico 15**

**Parções de mercado dos energéticos consumidos nas fundiões no Brasil em 2006**

## 4.2 Intensidades elétrica e de energia térmica

A Tabela 3 mostra a evolução do valor adicionado, dos consumos de energia elétrica e energia térmica e das intensidades elétrica e de energia térmica das fundiões no País durante o período de 2001 a 2005.

**Tabela 3**

**Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) das fundiões no Brasil, de 2001 a 2005**

|   | 2001  | 2002  | 2003  | 2004   | 2005   |
|---|-------|-------|-------|--------|--------|
| VA (10 <sup>6</sup> R\$ de 2005)        | 945   | 910   | 1.210 | 1.317  | 1.641  |
| CEL (10 <sup>3</sup> MWh)               | 1.738 | 1.945 | 2.220 | 2.793  | 2.930  |
| IEL (MWh/(10 <sup>6</sup> R\$ de 2005)) | 1.840 | 2.138 | 1.835 | 2.121  | 1.785  |
| CET (10 <sup>3</sup> GJ)                | 6.398 | 6.883 | 7.941 | 10.182 | 10.294 |
| IET (GJ/(10 <sup>6</sup> R\$ de 2005))  | 6.773 | 7.568 | 6.562 | 7.730  | 6.271  |

Fonte: Elaboração própria, a partir de (BRASIL, 2007a) e <http://www.ibge.gov.br>

## 4.3 Consumos energéticos específicos

A Tabela 4 mostra a evolução, de 2001 a 2006, da produção das fundiões brasileiras e de seus consumos de energia térmica, energia elétrica e consumo total de energia, e seus respectivos consumos específicos.

Tabela 4

**Produção, consumos energéticos, desagregados em energia térmica e eletricidade, e os respectivos consumos energéticos específicos das fundições no Brasil, de 2001 a 2006**

| Ano                                   | Unidade | 2001       | 2002       | 2003       | 2004       | 2005       | 2006       |
|---------------------------------------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Produção                              | t       | 1.761.100  | 1.970.631  | 2.249.413  | 2.829.916  | 2.968.625  | 3.087.045  |
| Consumo de energia térmica            | GJ      | 6.397.800  | 6.883.104  | 7.940.928  | 10.181.918 | 10.293.543 | 10.380.772 |
| Consumo de eletricidade               | GJ      | 6.257.506  | 7.001.896  | 7.992.418  | 10.055.142 | 10.547.996 | 10.968.692 |
|                                       | MWh     | 1.738.196  | 1.944.971  | 2.220.116  | 2.793.095  | 2.929.999  | 3.046.859  |
| Consumo total de energia              | GJ      | 12.655.306 | 13.885.000 | 15.933.346 | 20.237.060 | 20.841.539 | 21.349.464 |
| Consumo específico de energia térmica | GJ/t    | 3,6        | 3,5        | 3,5        | 3,6        | 3,5        | 3,4        |
| Consumo específico de eletricidade    | kWh/t   | 987        | 987        | 987        | 987        | 987        | 987        |
| Consumo específico de energia         | GJ/t    | 7,2        | 7,0        | 7,1        | 7,2        | 7,0        | 6,9        |

Fonte: Elaboração própria, com dados de (BRASIL, 2006b) e (BRASIL, 2007a).

O consumo específico de eletricidade permaneceu constante durante o período de 2001 a 2005, o que, muito provavelmente, indica que a SGM/MME adotou este valor e calculou o consumo de eletricidade neste período a partir dele. O consumo específico de energia térmica e, por consequência, o de energia (total), por outro lado, diminuíram um pouco no intervalo de tempo analisado, revelando ligeiros ganhos na gestão dos combustíveis adquiridos pelas fundições no País. Infelizmente, conforme já foi mencionado, não se dispõe de dados sobre o consumo de gases combustíveis nestas instalações, não se podendo, por conseguinte, verificar a eficiência na sua conversão para energia térmica.

Durante a década de 1990, modificações ocorridas tanto nos processos tecnológicos como nos equipamentos - destacando-se a substituição de fornos cubilô, utilizados na fusão de ferro, aço e suas ligas, por fornos elétricos - ocasionaram reduções nos consumos específicos de coque de carvão mineral, óleo combustível e óleo diesel e aumentos nos consumos específicos de eletricidade e de gases combustíveis (Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais, 1999; Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2003).

# 5 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética

## 5 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética

**O**s segmentos industriais analisados no âmbito do Projeto Análise e Desenvolvimento de Metodologia Visando a Implementação de Projetos de Eficiência Energética na Indústria, podem ser classificados em três categorias. Em segmentos heterogêneos, como as indústrias química e de alimentos e bebidas, se trabalhou com dados de consumos energéticos para os principais produtos agregados em cadeias produtivas. Já em segmentos homogêneos, como cimento e ferros-liga, os consumos energéticos foram agregados por etapas do processo produtivo. Finalmente, no caso dos segmentos com carência de informações, como as fundições, os dados disponíveis foram tratados de uma forma agregada. Para todas estas categorias, a metodologia de cálculo dos potenciais técnicos de conservação de energia foi a mesma, conforme descrito a seguir.

Os consumos, médio e mínimo, de energia térmica e energia elétrica de cada produto principal, ou de cada etapa produtiva, foram calculados multiplicando-se a produção física anual nacional pelos consumos energéticos específicos, médio e mínimo, de energia térmica e eletricidade.

O consumo específico médio representa a média nacional da energia consumida por unidade física de produto dentro de um processo industrial. Por outro lado, o consumo específico mínimo representa a quantidade de energia que seria consumida pelas empresas industriais se todas elas adotassem tecnologias que correspondem ao estado da arte, em termos de eficiência energética.

As diferenças entre os consumos, médio e mínimo, das energias térmica e elétrica fornecem os correspondentes potenciais técnicos de conservação de energia. Tanto os consumos específicos, como os dados de produção física para cada produto ou etapa produtiva foram obtidos da literatura técnica, de anuários estatísticos e de visitas técnicas a algumas plantas industriais.

# 6 Comparação dos resultados do Potencial Técnico de Conservação de Energia



## 6 Comparação dos Resultados de Potencial Técnico de Conservação de Energia

### 6.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade

**H**á de se ressaltar que a típica “pulverização” da indústria brasileira de fundição – o setor brasileiro de fundição é representado por 1,4 mil empresas (94% de pequeno e médio portes e 6% grande) – inviabiliza outra estratégia de avaliação do potencial de conservação de energia que não seja através da agregação de valores (relativos a produção e consumos específicos médio e mínimo).

Caso fosse possível a obtenção de dados pormenorizados (sobre consumo específico de energia elétrica, por exemplo) relativos a um único tipo de peça fundida (como fundidos de cobre), evidentemente, seria em erro generalizar tais dados para todo o setor de fundição. Desta forma, a aproximação mais coerente pareceu ser o emprego ou utilização de dados agregados para se intuir sobre o potencial de conservação de energia (elétrica, térmica e total).

Os consumos específicos foram levantados a partir de TOLMASQUIM e SZKLO (2000), de IEA (2007) e do Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico (BRASIL, 2008). Cabe mencionar que os valores de tais consumos específicos foram corroborados por visitas técnicas realizadas em empresas selecionadas do ramo (além da associação setorial, a ABIFA). A Tabela 5 mostra os consumos específicos tanto de energia térmica quanto de energia elétrica, além da produção em 2007. O uso final de energia elétrica se dá apenas em força motriz, enquanto que o de energia térmica ocorre em fornos e em caldeiras.

Tabela 5

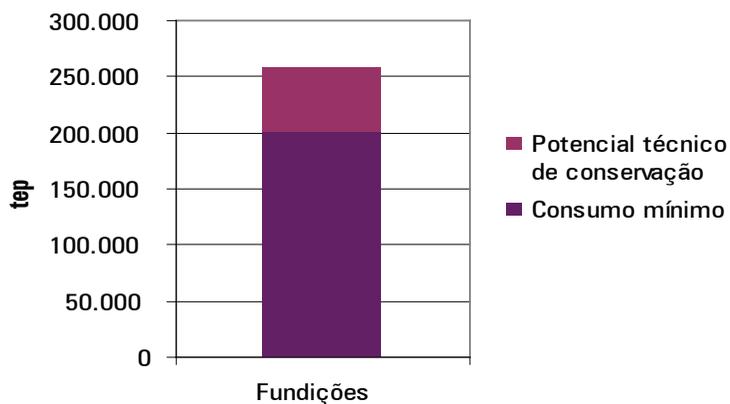
#### Consumos energéticos específicos, produção e coeficientes de distribuição de energia nas fundições brasileiras, em 2007

| Segmento  | Produto/Processo  | Produção (t) | Consumo específico de energia (tep/t) |        |                  |        |
|-----------|-------------------|--------------|---------------------------------------|--------|------------------|--------|
|           |                   |              | Energia térmica                       |        | Energia elétrica |        |
|           |                   |              | Médio                                 | Mínimo | Médio            | Mínimo |
| Fundições | Produtos fundidos | 3.227.128    | 0,0801                                | 0,0623 | 0,0849           | 0,0645 |

### 6.2 Potencial de conservação de energia

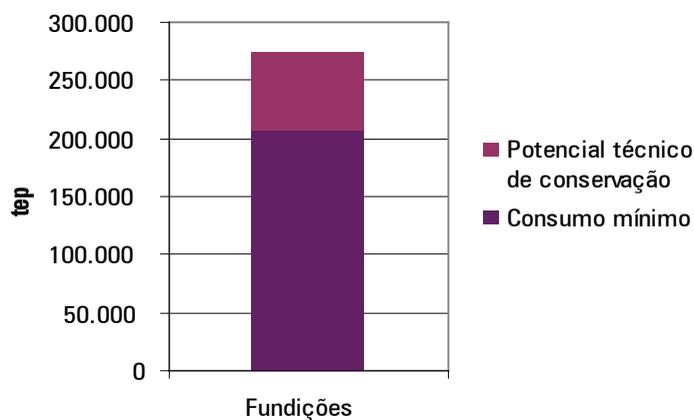
Os potenciais técnicos de conservação de energia térmica ocorrem no aquecimento direto via fornos e em vapor de processo. O primeiro é 50.586 tep e o segundo é 6.742 tep. No caso da energia elétrica, o único potencial de conservação é de força motriz, com 65.881 tep.

Os Gráficos 16 e 17 ilustram estes potenciais, que somados podem propiciar uma economia de 123.208 tep.



**Gráfico 16**

**Consumo e potencial técnico de conservação de energia térmica nas fundições brasileiras, em 2007**



**Gráfico 17**

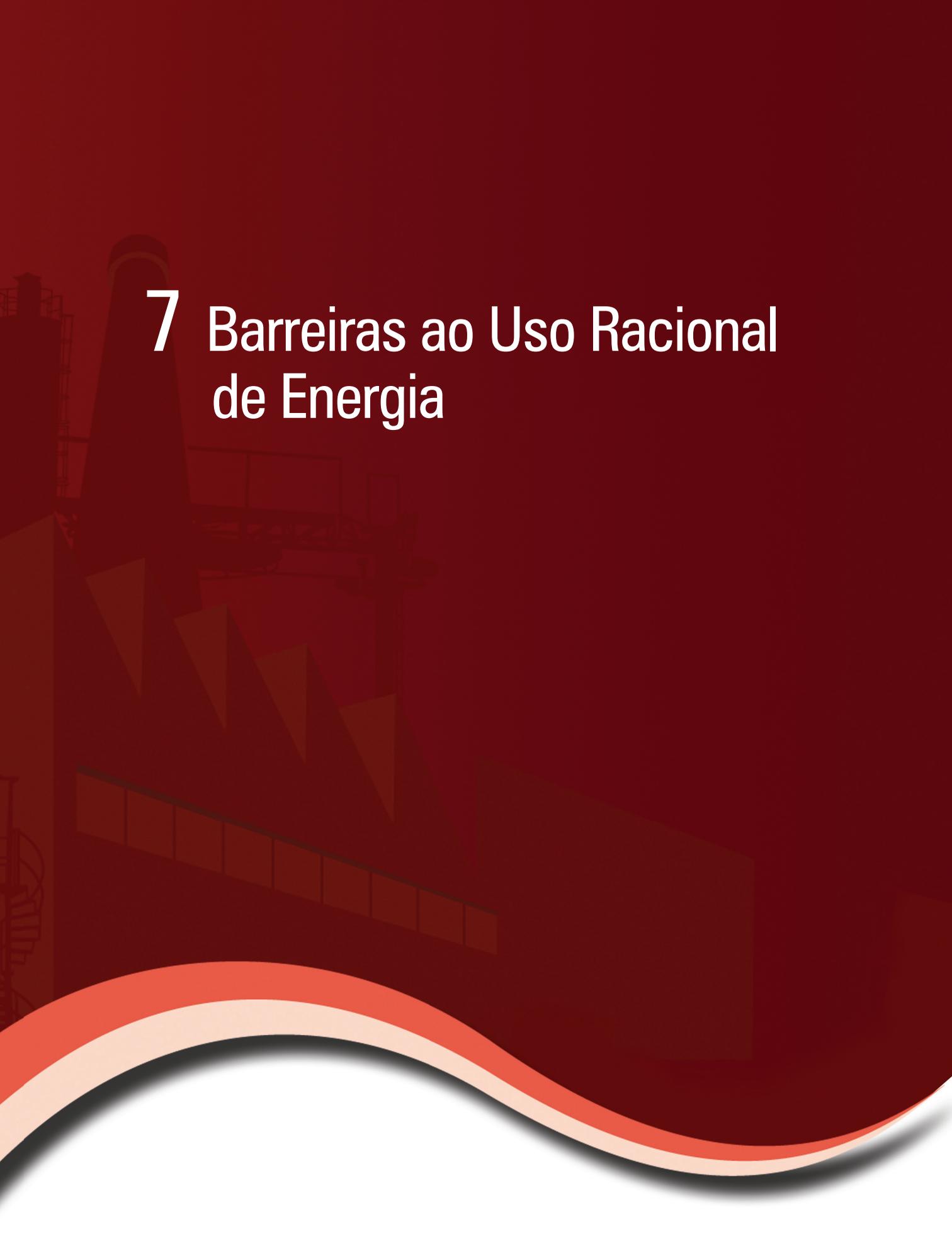
**Consumo e potencial técnico de conservação de energia elétrica nas fundições brasileiras, em 2007**

### 6.3 Potencial de conservação segundo o BEU

A indústria de fundição, no BEU, não é tratada individualmente, como um setor, não havendo, portanto, dados de potencial de conservação de energia para ela. Sendo assim, não foi possível estabelecer comparação dos resultados calculados com os encontrados na literatura técnica (no caso, o BEU).



# 7 Barreiras ao Uso Racional de Energia



## 7 Barreiras ao Uso Racional de Energia

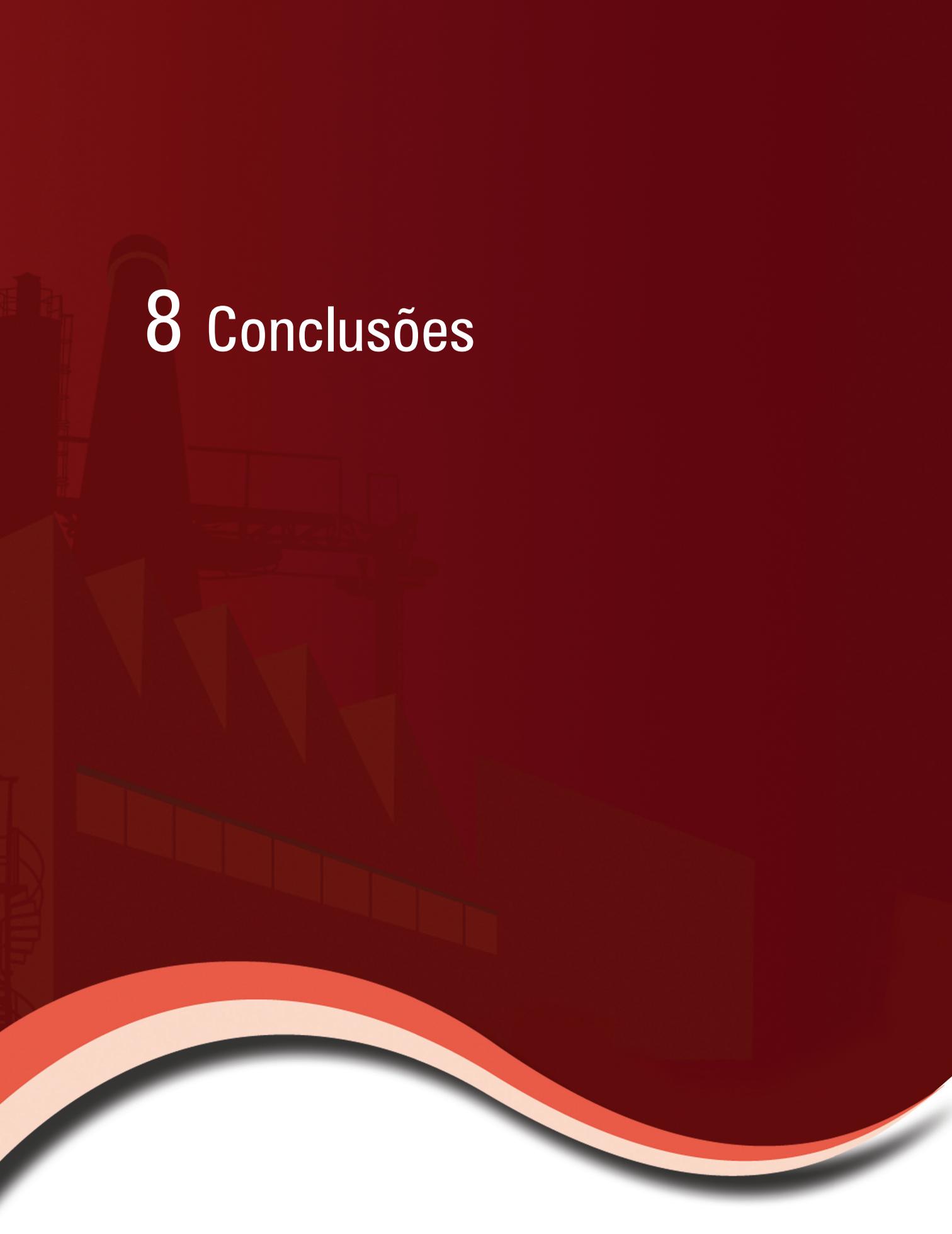
**P**ara o segmento industrial de produção de fundidos, as barreiras ao uso racional de energia foram inicialmente identificadas no Caderno Técnico do Plano Nacional de Energia, recentemente elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2008)<sup>1</sup>. Essas barreiras foram depois confrontadas com os comentários dos técnicos e dirigentes das indústrias visitadas. Os aspectos mencionados na publicação são apresentados a seguir; comentários do autor deste relatório foram introduzidos, quando pertinente:

- Estrutura legal pouco atrativa para cogeração ou produção de energia independente;
- Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis;
- Indisponibilidade de determinadas tecnologias;
- Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento;
- Elevados investimentos iniciais.;
- Incerteza quanto aos preços de energia e altos custos iniciais dos investimentos devido aos impostos de importação;
- Restrições ao financiamento (específico para o setor de ferro-ligas).

---

<sup>1</sup> O Caderno Técnico é voltado à análise da eficiência energética no setor industrial, com especial destaque ao segmento de metais não-ferrosos.

# 8 Conclusões



## 8 Conclusões

O desenvolvimento do presente trabalho deixou patente alguns pontos relevantes associados às oportunidades de se associar eficiência energética com benefícios ambientais no caso da indústria nacional de fundição. Pelo alto custo para dispor os resíduos de fundição em aterros próprios e para evitar que os recursos naturais sejam exauridos, as fundições terão que buscar soluções que aliem ganhos de eficiência energética com ganhos ambientais, tais como:

- Redução da geração de resíduos;
- Regeneração e recuperação de resíduos;
- Reutilização de resíduos;
- Co-processamento dos resíduos, como por exemplo: produção de cimento;
- Uso de resíduos de areia, devidamente classificadas como matéria prima, na produção de cerâmica vermelha, artefatos de concreto, argamassas para construção civil e asfalto. Nesse contexto, vale mencionar que diversos de estudos já realizados mostram viabilidade técnica e econômica do uso de resíduos de areia. Entretanto, no caso do Brasil, ainda não se consegue autorização por parte dos órgãos ambientais responsáveis, quando nos países desenvolvidos tal prática já é comum.

Outro aspecto de relevância que emergiu no transcorrer da realização do presente estudo (incluindo, nesse contexto, a realização de visitas técnicas a empresas e associações de classe), relaciona-se as oportunidades de implementação de práticas de eficiência energética frente a realidade da indústria brasileira de fundição. Observou-se, nesse contexto, que os nichos mais evidentes para penetração (direta ou indiretamente) de ações voltadas à eficiência (no cenário atual) estão alocados nas seguintes ações ou etapas do processo produtivo:

- Novas tecnologias em fornos, especialmente os à indução, para torná-los mais eficientes sob o ponto de vista energético;
- Consolidação do processo “Cold Box” na produção de machos;
- Consolidação das moldagens em areia verde (sem caixas e com partição vertical; linhas de moldagens automáticas, com caixas e partição horizontal). De fato, tais sistemas de moldagem são os maiores responsáveis pelos ganhos de produtividade nas fundições;
- Uso crescente de computadores nas fundições, para o gerenciamento e planejamento da produção, bem como softwares específicos, como, por exemplo, na simulação da solidificação do ferro, contribuindo em muito na definição do sistema de alimentação.

O setor de fundição também tem grande destaque na geração de empregos no Brasil. Além disso, é importante frisar a destacada contribuição do setor para que a balança comercial do país mantenha-se positiva (ou com saldo evidente).

No que tange aos energéticos demandados pelo setor de fundição, observa-se que historicamente a eletricidade divide importância com combustíveis fósseis (no caso, óleo combustível, coque de carvão mineral e óleo diesel). Porém, avanços tecnológicos a serem introduzidos no setor nos próximos anos tendem aumentar ainda mais o uso de eletricidade – o que carrega o revés de tornar as grandes fundições reféns de um parque de geração de energia elétrica confiável, ou seja, livre de eventuais “apagões” (daí a importância de expansão da autogeração).

Por fim, cabe denotar uma dificuldade que se mostrou patente quando da elaboração da caracterização energética do setor de fundição: na realidade, o consumo energético das fundições está embutido nos consumos energéticos dos segmentos de siderurgia, metais não ferrosos e ferros-ligas e não é possível subtrair tais participações por falta de informações suficientes – o que se configurou num obstáculo metodológico que, em parte, foi superado pela realização de visitas técnicas a empresas selecionadas e associação de classe.

## *Macro Análise*

A eficiência energética é, hoje, uma questão crucial para a Humanidade. Até com certa veemência, a ciência (como por exemplo, a ciência expressa nos substanciosos relatórios de avaliação publicados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) tem apontado que o consumo cada vez maior de combustíveis fósseis causará enorme dano ao meio ambiente, riscos sem precedentes à mudança do clima, e esgotará rapidamente as reservas de petróleo. Nesse contexto, de fato, uma “revolução energética” é possível, desejável e oportuna de modo a contrapor esse quadro que se anuncia.

Sem dúvida, o uso eficiente da energia no setor industrial mostra-se atrativo nos aspectos ambientais, econômicos, sociais, estratégicos e comerciais. Observa-se, no entanto, que, no Brasil, os resultados dos programas e ações de conservação de energia aplicáveis ao setor em questão (e a todos os demais segmentos da economia nacional), de uma forma geral, têm sido tímidos. E, o curioso é que o racionamento de 2001 mostrou duramente que a energia (em especial, a que vem sob a forma de eletricidade) não é abundante e nem tem custo de oportunidade nulo, como têm mostrado os aumentos de tarifa.

Fato é que os Programas de Eficiência Energética no Brasil não têm sido priorizados continuamente ao longo do tempo, haja vista a crise energética que se instalou no País em 2001. Pode-se dizer, em última instância, que isso ocorre por motivos políticos, institucionais, entre outros. A descontinuidade dos programas e metas denota que as prioridades não são institucionais ou nacionais e sim derivadas de projetos políticos conjunturais.

Porém, há evidentes sinais de que tal contexto está em processo de mutação. De fato, a indústria nacional já começa a ser dar conta dos benefícios inerentes à implementação de programas voltados à eficiência energética. E isto efetivamente tem se traduzido em ações práticas indutoras de crescente conservação energética. Há de se ressaltar, porém, que pequenas (e mesmo boa parte das médias) empresas do segmento industrial, de modo geral, ainda estão à margem deste processo.

No sentido de disseminar tais programas ou as práticas mais efetivas e menos onerosas de eficiência energética adequadas para cada segmento industrial, o Governo (em especial, nas esferas federal e estadual) tende a desempenhar papel absolutamente relevante.

A própria crise internacional em curso, em certa medida, evidencia que o descaso com a implementação de práticas e/ou programas voltados à eficiência energética pode comprometer a própria sobrevivência de determinada empresa no competitivo mercado de produtos industriais. Por outro lado, a sociedade tem demonstrado crescente lucidez no que tange a preocupação com a redução de impactos ambientais gerados pelo setor produtivo – nesse contexto, como se sabe, a eficiência energética pode contribuir de forma decisiva (como, por exemplo, no que se refere a uma eventual maior penetração de combustíveis menos intensos em carbono).



# Referências



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS. Disponível em: <<http://www.apexbrasil.com.br>>. Acesso em: jul. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. Disponível em: <<http://www.abifa.com.br>>. Acesso em: jul. 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço de energia útil – BEU (dados referentes ao ano de 2004)**. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. **Balço energético nacional 2004**. Brasília, 2004.

\_\_\_\_\_. **Balço energético nacional 2005**. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. **Balço energético nacional 2006**. Brasília, 2006a.

\_\_\_\_\_. **Balço energético nacional 2007**. Brasília, 2007.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Anuário estatístico: indústria metalúrgica brasileira**. Brasília, 2006b.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Anuário estatístico: indústria metalúrgica brasileira**. Brasília, 2007a.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Anuário estatístico: indústria metalúrgica brasileira**. Brasília, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Caderno técnico do plano nacional de energia**. 2008. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>.

EYRE, N. Barriers to energy efficiency: more than just market failure. **Energy & Environment**, v. 8, issue 1, 1997.

GOLOVE, W. H.; ETO, J. H. **Market barriers to energy efficiency: a critical reappraisal of the rationale for public policies to promote energy efficiency**. UCLA: Lawrence Berkley National Laboratory, 1996. US-DOE Contract No. DE-AC03-76SF00098.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Anuário estatístico**. Rio de Janeiro, 2003.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS. **Relatório**: perfil setorial (setor de fundição em Minas Gerais). Belo Horizonte, 1999.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Indicators for industrial energy efficiency and CO2 emissions**: a technology perspective. 2007. Draft Version.

SCHREIBER, H. **CDM and energy efficiency in industry**. The World Bank – Energy and Infrastructure Unit. Workshop on Assessing Carbon Finance. February, 2007.

SORRELL, S. et al. **Barriers to energy efficiency in public and private organisations**. Report to EC. 2000. Disponível em: <[www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/reports/barriers/final.html](http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/reports/barriers/final.html)>. Acesso em: dez. 2007.

TOLMASQUIM, M. T.; SZKLO, A. S. **A matriz energética brasileira na virada do milênio**. Rio de Janeiro: ENERGE/COPPE, 2000.

UNITED NATIONAL DEVELOPMENT PROGRAMME. **World energy assessment**: energy and the challenge of sustainability. New York, 2000.



## **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI**

### **Unidade de Competitividade Industrial – COMPI**

Wagner Cardoso

*Gerente de Infraestrutura*

#### *Equipe Técnica*

Francine Costa Vaurof

Rafaella Sales Dias

Rodrigo Sarmento Garcia

#### *Produção Editorial*

Núcleo de Editoração Eletrônica - CNI

## **SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC**

### **Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND**

Renata Lima

*Normalização*

---

#### *Consultores*

André Felipe Simões

Sérgio Valdir Bajay

#### *Equipe Técnica*

### **ELETROBRAS / PROCEL**

#### *PROCEL INDÚSTRIA*

Alvaro Braga Alves Pinto

Bráulio Romano Motta

Carlos Aparecido Ferreira

Carlos Henrique Moya

Marcos Vinícius Pimentel Teixeira

Roberto Ricardo de Araujo Goes

Rodolfo do Lago Sobral

#### *Colaboradores*

George Alves Soares

Humberto Luiz de Oliveira

Marília Ribeiro Spera

Roberto Piffer

Vanda Alves dos Santos

Cristine Bombarda Guedes

*Revisão Gramatical*

Kelli Mondaini

*Revisão Gráfica*

CT Comunicação

*Projeto Gráfico/Editoração*



Ministério de  
Minas e Energia

