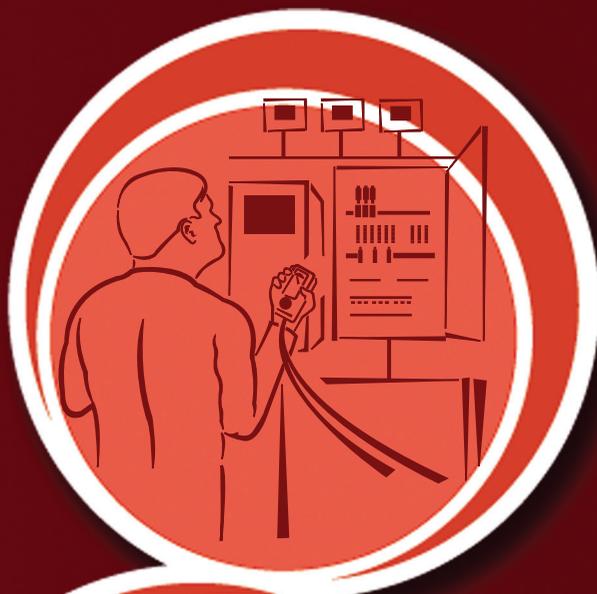


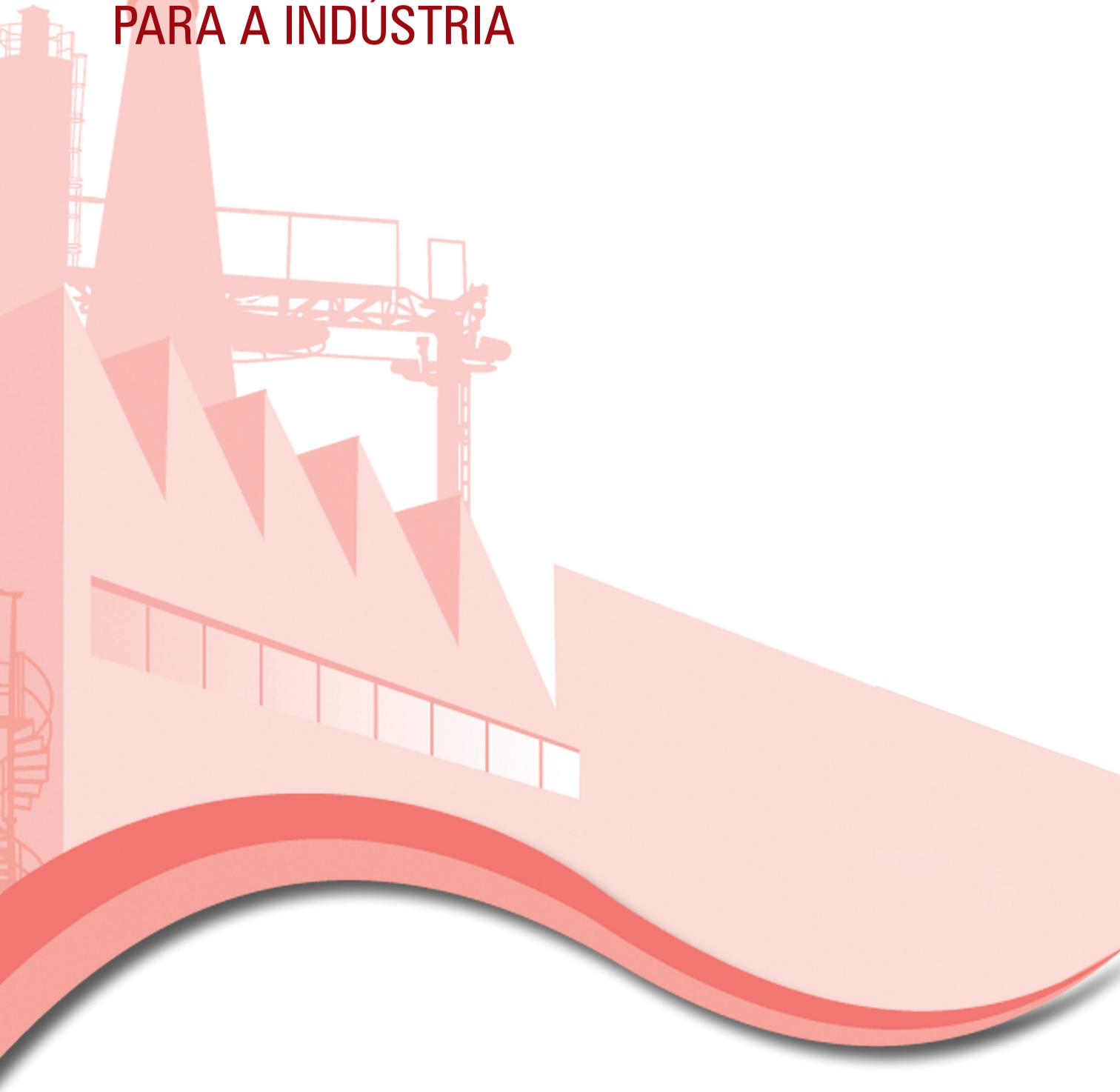
OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL
SETOR VIDREIRO

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
SETOR VIDREIRO

ALVARO AFONSO FURTADO LEITE
SERGIO VALDIR BAJAY
FILIPE DEBONZI GORLA

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

L533o

Leite, Alvaro Afonso Furtado

Oportunidades de eficiência energética para a indústria: relatório setorial: setor vidreiro/ Alvaro Afonso Furtado Leite, Sergio Valdir Bajay, Filipe Debonzi Gorla. – Brasília: CNI, 2010.

57 p.

ISBN 978-85-7957-002-5

1. Eficiência Energética 3. Setor Vidreiro I. Bajay, Sérgio Valdir II. Gorla, Filipe D. III. Título IV.

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

ELETROBRAS

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

Tel 21 2514-5151

www.eletobras.com

eletoabr@eletobras.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.eletobras.com/procel

procel@eletobras.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.eletobras.com/procel

procel@eletobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

LISTA DE FIGURAS

Figura 1

Etapas do processo produtivo da indústria vidreira **17**

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1

Composição do Vidro **15**

Gráfico 2

Produção relativa dos segmentos da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em porcentagem **16**

Gráfico 3

Capacidade de produção relativa dos segmentos da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em porcentagem **16**

Gráfico 4

Produção relativa da indústria vidreira e de seus segmentos, em mil t/ano, no Brasil, durante o período de 1997 a 2006 **23**

Gráfico 5

Número de empregos relativos na indústria vidreira, no Brasil, de 2001 a 2006 **24**

Gráfico 6

Saldo comercial da indústria de vidros no Brasil, de 2001 a 2006 **25**

Gráfico 7

Valor adicionado da indústria de vidro no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005 **26**

Gráfico 8

Participação percentual da indústria de vidro na formação do PIB, de 1996 a 2005 **27**

Gráfico 9

Evolução, de 1997 a 2005, do valor unitário da produção da indústria vidreira no Brasil, em (R\$ de 2005)/t **27**

Gráfico 10

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria de vidro no Brasil, de 2001 a 2006 **37**

Gráfico 11

Parcelas de mercado dos energéticos consumidos na indústria vidreira no Brasil em 2006 **38**

Gráfico 12

Comparação da energia final e útil dos principais energéticos do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento padrão **47**

Gráfico 13

Comparação da energia final e útil pelos principais usos finais do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento padrão **47**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Produção física dos segmentos e total da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em mil t/ano **15**

Tabela 2

Capacidade de produção dos segmentos e total da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em mil t/ano **16**

Tabela 3

Produção da indústria vidreira e de seus segmentos, em mil t/ano, no Brasil, durante o período de 1997 a 2006 **22**

Tabela 4

Número de empregos (mil) na indústria vidreira, no Brasil, de 2001 a 2006 **23**

Tabela 5

Comércio exterior da indústria de vidros no Brasil, de 2001 a 2006 **24**

Tabela 6

Consumo aparente, em mil toneladas, e consumo per capita, em kg/hab, de vidro no Brasil, de 2002 a 2006 **25**

Tabela 7

Faturamento, em 10⁶ R\$ de 2005, da indústria de vidro e de seus segmentos, no Brasil, de 2001 a 2006 **26**

Tabela 8

Valor adicionado da indústria de vidro no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005 **26**

Tabela 9

Investimentos da indústria vidreira e de seus segmentos, no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 2001 a 2006 **28**

Tabela 10

Limites para emissões de poluentes atmosféricos na produção de vidro **30**

Tabela 11

Consumo de combustíveis derivados do petróleo, em mil tep, na indústria vidreira em 2005, por estados da Federação **35**

Tabela 12

Consumos de GLP e de óleo combustível, em mil tep, na indústria de vidro brasileira, de 2001 a 2005 **35**

Tabela 13

Produção de vidro, consumo de combustíveis, consumo agregado de óleo combustível e GLP e consumo de gás natural na fabricação de vidro, de 2001 a 2005 **36**

Tabela 14

Consumos estimados, em 10³ tep, para os principais energéticos utilizados na indústria de vidro no Brasil, de 2001 a 2006 **37**

Tabela 15

Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) da indústria do vidro no Brasil, de 2001 a 2005 **39**

Tabela 16

Consumos específicos da energia térmica e elétrica da indústria de vidro no Brasil, em tep/t, em 2007 **43**

Tabela 17

Coeficientes de distribuição de energia para a indústria de vidro no Brasil em 2007 **43**

Tabela 18

Potencial técnico de conservação de energia na indústria de vidros no Brasil em 2007 Segmento Produtos

Potencial de Conservação de Energia (tep) **44**

Tabela 19

Coeficientes de destinação de energia final do setor vidreiro **44**

Tabela 20

Energia final por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep **45**

Tabela 21

Rendimentos padrões dos usos finais/energético do setor vidreiro **45**

Tabela 22

Rendimentos de referência dos usos finais/energético do setor vidreiro **46**

Tabela 23

Energia útil por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento padrão **46**

Tabela 24

Energia útil por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento de referência **48**

Tabela 25

Potencial de economia de energia por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep **48**

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABIVIDRO: Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro

ANP: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

VUP: Valor Unitário da Produção

VA: Valor Adicionado ou Agregado

PIB: Produto Interno Bruto

PF: Produção Física

BEN: Balanço Energético Nacional

BEU: Balanço de Energia Útil

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo

tep: Tonelada Equivalente de Petróleo

t: Tonelada

kg: Quilograma

hab: Habitantes

kg / t.v.f.: Quilos por tonelada de vidro fundido

FM.: Força motriz

CP.: Calor de processo

AD.: Aquecimento direto

SUMÁRIO

1 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA 13

1.1 Etapas do processo produtivo 17

1.1.1 *Fabricação de vidros planos* 18

1.1.2 *Fabricação de vidros de embalagens e vidros domésticos* 19

2 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA 21

2.1 Empregos gerados, comércio internacional, consumo aparente e consumo per capita 23

2.2 Indicadores macroeconômicos 25

2.3 Principais empresas do setor vidreiro 28

3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL 29

3.1 Reciclagem do vidro 31

4 CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA 33

4.1 Estimativas dos consumos energéticos 34

4.2 Intensidade elétrica e térmica 38

5 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE POTENCIAL DE EFCIÊNCIA ENERGÉTICA 41

5.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade 42

5.2 Potencial técnico de conservação de energia 43

5.3 Potencial de conservação de energia segundo o BEU 44

6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA DAS METODOLOGIAS DE CÁLCULO 49

7 BARREIRAS AO USO RACIONAL DE ENERGIA 51

8 CONCLUSÕES 53

REFERÊNCIAS 55

1 Caracterização Técnica



1 Caracterização Técnica

A indústria do vidro é um grande consumidor de minerais não-metálicos¹, somados a pequenas quantidades de aditivos que possibilitam sua conversão em produtos refinados, com características específicas de resistência, propriedades mecânicas, térmicas, óticas e acústicas.

Os vidros são, em geral, classificados em quatro grandes áreas:

- Vidros planos,
- Vidros especiais,
- Vidros de embalagem;
- Vidros de uso doméstico.

Os vidros planos são fabricados em chapas, com larga aplicação na indústria de construção civil, automobilística, moveleira e decoração.

As embalagens de vidro são largamente utilizadas nas indústrias de bebidas, alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos, como por exemplo no envasamento de cervejas e refrigerantes, nos potes de conservas e molhos, em frascos de medicamentos e no armazenamento de cosméticos.

Os vidros de uso domésticos são aqueles usados em utensílios como louças de mesas, copos, xícaras, vasos e objetos de decoração em geral.

Os vidros especiais, ou técnicos, compreendem uma vasta gama de produtos para uso em diversos segmentos industriais, como o de construção civil, indústria farmacêutica, indústria alimentícia, indústria automobilística, indústria têxtil, etc. Os principais produtos que se enquadram nesta categoria são: tijolos e blocos de vidros, as ampolas para garrafas térmicas, os bulbos de lâmpadas, os vidros para tubo de imagem, as ampolas farmacêuticas para uso em medicamentos, e as lãs e fibras de vidro para isolamento.

Conforme apresentado no Gráfico 1, o vidro se compõe, tipicamente, das seguintes matérias-primas: areia (SiO_2) - 70 a 74%, barrilha (Na_2O) - 12 a 16%, calcário (CaO), - 5 a 11%, dolomita (MgO), - 1 a 3%, feldspato (AlO_2O_3), - 1 a 3% e aditivos como o sulfato de sódio, ferro, cobalto, cromo, selênio e outros (IPT, 1983). Atualmente, o Brasil não produz barrilha², sendo necessária a importação deste insumo.

¹ São minerais cuja exploração não é motivada por seu conteúdo metálico, ainda que possuam metais em sua composição. Entre os minerais não metálicos estão **argilas**, pedras, diversos sais, substâncias de grande utilidade industrial, como gipsita, e mesmo alguns elementos, como enxofre e carbono sob a forma de grafite. As pedras preciosas e semi-preciosas também são classificadas como minerais não metálicos.

² Conhecido comumente como Barrilha, o carbonato de sódio ou carbonato sódico é um **sal** branco e translúcido de **fórmula química** Na_2CO_3 , usado, entre outras coisas, na fabricação de **sabão, vidro e tintas**.

RELATÓRIO SETORIAL – SETOR VIDREIRO

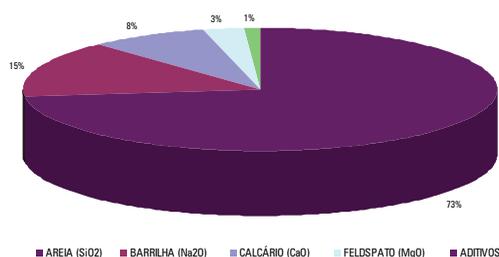


Gráfico 1
Composição do Vidro

A indústria vidreira é energia-intensiva, pois utiliza fornos de elevada temperatura, onde estas matérias-primas são misturadas a um calor de cerca de 1.500 °C. Neste processo forma-se uma massa semi-líquida que dá origem aos vários produtos de vidro.

Parte da energia consumida no processo, e da importação da barrilha, podem ser reduzidas quando se adiciona vidro reciclado, triturado³ à matéria-prima virgem. Para cada 10% de caco de vidro na mistura se economiza 4% da energia necessária para a fusão nos fornos industriais (MME, 2006).

A Tabela 1 e Tabela 2 apresentam a produção física, ou seja, o que foi efetivamente produzido e a capacidade de produção do mesmo período, respectivamente, dos quatro segmentos e o total da indústria vidreira durante o período de 2001 a 2006, em toneladas por ano.

Tabela 1
Produção física dos segmentos e total da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em mil t/ano

Segmento	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Embalagens	883	887	970	958	969	973
Domésticos	177	177	222	212	165	171
Especiais	178	186	199	223	249	244
Planos	833	788	788	930	930	930
Total	2.071	2.038	2.179	2.323	2.313	2.318

Fonte: Elaboração própria a partir de entrevista com técnico da ABIVIDRO, em 21/06/2007

Gráfico 2 apresenta a produção relativa dos quatro segmentos da indústria vidreira durante o período 2001 – 2006.

³ Os chamados cullets.

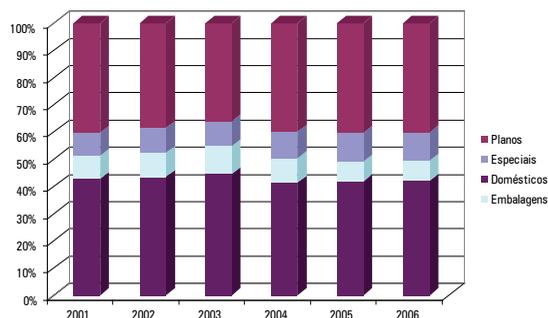


Gráfico 2

Produção relativa dos segmentos da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em porcentagem

Tabela 2

Capacidade de produção dos segmentos e total da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em mil t/ano

Segmento	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Embalagens	1.335	1.358	1.293	1.277	1.292	1.297
Domésticos	236	236	296	283	220	228
Especiais	241	264	265	297	332	325
Planos	1.110	1.050	1.050	1.240	1.240	1.240
Total	2.922	2.908	2.904	3.097	3.084	3.090

Fonte: Elaboração própria, a partir de Abividro, 2007

O Gráfico 3 apresenta a capacidade de produção relativa dos quatro segmentos da indústria vidreira durante o período de 2001 a 2006.

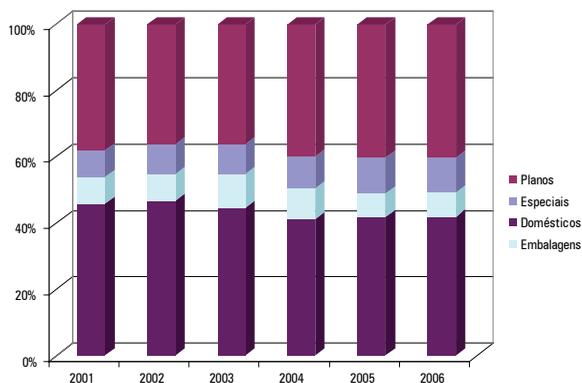


Gráfico 3

Capacidade de produção relativa dos segmentos da indústria vidreira para o período de 2001 a 2006, em porcentagem

Conforme pode ser constatado no Gráfico 3, o único aumento significativo na capacidade de produção verificado na indústria do vidro brasileiro ocorreu entre 2003 e 2004, no segmento de vidros planos. Isto se deu com a entrada em produção da fábrica da Cebrace em Barra Velha, no Estado de Santa Catarina.

Comparando-se a capacidade de produção (Gráfico 3) e a produção física, ou seja, o efetivamente produzido (Gráfico 2), observa-se na Tabela 2, que a produção se mantém em torno de 75% de sua capacidade.

1.1 Etapas do processo produtivo

A Figura 1 apresenta um fluxograma com as etapas do processo produtivo dos diversos tipos de produtos da indústria do vidro. Observa-se que, basicamente, não há grandes diferenças entre os processos. A fabricação do vidro plano difere dos demais na etapa de estiragem e/ou impressão, que, para todos os produtos, é substituído pelo processo de conformação.

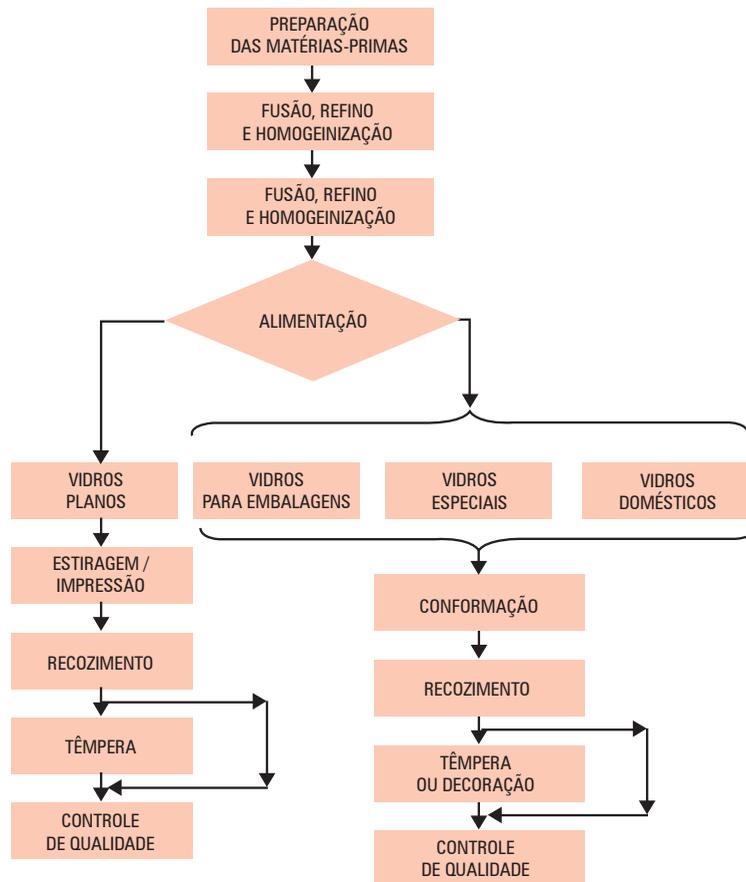


Figura 1
Etapas do processo produtivo da indústria vidreira

A seguir é apresentado uma breve descrição dos processos mostrados no gráfico acima. Entre outras informações, elas indicam o tipo de energético utilizado em cada uma das etapas.

a) **Preparação das matérias-primas:** esta é uma etapa que não existe em todas as plantas, pois há casos em que a matéria-prima chega à fábrica pronta para o uso, adquirido de outras indústrias que se dedicam exclusivamente à produção de matéria-prima para a indústria vidreira. No entanto, há instalações onde existe um sistema próprio de moagem, peneira, secagem e análise do material, envolvendo o consumo tanto de energia elétrica como térmica. Para a secagem das matérias-primas normalmente é utilizado gás natural ou óleo combustível.

b) **Fusão:** os fornos de fusão de vidro constituem o centro do processo produtivo e é onde se registram os maiores consumos de combustível⁴. Em todos os processos, independente do tipo de vidro produzido, o primeiro passo é a formação da massa de vidro. Existem dois tipos de fornos de fusão: os de operação contínua e os que operam em bateladas. Os fornos de operação contínua, por serem de grande capacidade de produção, são os mais importantes do setor. Seu funcionamento se caracteriza por manterem certo volume de vidro fundido permanentemente no seu tanque, sendo constantemente alimentado por uma extremidade e o vidro, extraído na outra. Os fornos que operam em bateladas usualmente são de baixa capacidade de produção, sendo utilizados apenas em plantas de pequeno porte.

c) **Conformação:** é na fase de conformação do vidro que se encontram as maiores diferenças de processo entre os tipos de produtos. É uma etapa, com relação às demais, de baixo consumo de energia térmica e um consumo mais elevado de eletricidade, envolvendo operações como sopragem, prensagem, estiramento, centrifugação, laminação, etc. As fases de corte e requieima são consumidoras significativas de combustíveis.

d) **Recozimento:** consiste em submeter as peças conformadas, durante um determinado tempo, a uma certa temperatura, permitindo que sejam eliminadas tensões internas provocadas durante o processo de conformação. O processo de recozimento, assim como os fornos de fusão, são consumidores de energia térmica, somente em plantas pequenas é utilizado o aquecimento para conformação, por meio de resistências elétricas.

e) **Operações secundárias:** as operações secundárias referem-se às operações de têmpera, curvamento, decoração, espelhamento, lapidação e gravação. O processo de têmpera, por ser um grande consumidor de combustíveis, merece atenção especial. Ele consiste em submeter a peça de vidro, plano ou não, a altas temperaturas, seguida por um resfriamento rápido. Este processo aumenta a resistência mecânica do vidro. É interessante observar que o processo de curvamento do vidro plano também submete a placa do material a um aquecimento, para, então, ser curvada. Este processo encontra aplicação, principalmente, na indústria automobilística.

Nos fornos de operação contínua, a mistura é enfiada na mesma velocidade em que o vidro está sendo moldado nas máquinas de fabricação, de modo que a quantidade de vidro no forno é sempre constante. As máquinas que produzem o vidro são interligadas ao forno através de um canal, que reduz a temperatura da massa de vidro de 1.500°C para aproximadamente 900°C, que é a temperatura desejada para a formação da gota de vidro (IPT, 1983).

1.1.1 Fabricação de vidros planos

No processo de produção de vidros planos, a massa fundida sai do forno de forma contínua e plana, sendo depois resfriada e cortada em chapas.

O processo mais moderno, automatizado, de fabricação de vidros planos é denominado flutuação em banho de estanho (float). Este processo consiste em submeter o vidro fundido, a 110°C, a um banho de

⁴ Cada fabricante monta seus fornos de fusão da indústria vidreira de acordo com suas necessidades e capacidades de produção que variam de 300 mil kg/mês a 8.500 mil kg/mês, e são construídos com as mais altas tecnologias de controle e isolamento térmico, garantindo assim, sua máxima eficiência.

flutuação em estanho fundido, a 232°C. O vidro fundido derramado sobre o estanho flutua porque tem um peso específico mais baixo, afundando cerca de 6 mm (IPT, 1983).

Pelo efeito do seu próprio peso e do calor, a face superior se torna perfeitamente plana, polida e com espessura uniforme. Este processo permite obter um vidro de alta qualidade e brilho, que dispensa operações de polimento.

Outro processo utilizado na fabricação de vidros planos é o de laminação por rolos. Ele consiste em passar o vidro fundido por cima de um vertedouro⁵, para se formar lâminas planas de largura e espessura pré-determinadas, que, depois, passam entre dois rolos laminadores, que podem ser lisos ou possuir gravação (em um ou nos dois rolos), o que permite a obtenção de desenhos em uma, ou nas duas faces da chapa de vidro.

Neste tipo de processo é possível introduzir na chapa uma tela de arame, que aumentará a sua resistência mecânica e evitará estilhaços em caso de ruptura. Trata-se do vidro aramado. O acréscimo de outros materiais e diferentes técnicas de produção permite criar tipos específicos de vidro, com características diferenciadas, adequadas a cada necessidade de aplicação.

1.1.2 Fabricação de vidros de embalagens e vidros domésticos

São utilizados dois tipos de processos para a fabricação de vidros para embalagens, o “soprado soprado” e o “prensado soprado”.

No processo “soprado soprado” (blow and blow) a formação da embalagem, tanto no molde quanto na forma, é feita com ar comprimido. Este processo é normalmente utilizado para a fabricação de garrafas de boca estreita.

No processo “prensado soprado” (press and blow) o vidro é injetado no molde através de compressão efetuada com o auxílio de um punção e não com ar comprimido. Normalmente, este processo é utilizado para embalagens de boca larga, como potes de alimentos.

Os vidros domésticos são obtidos pelos mesmos processos dos vidros para embalagens.

⁵ É um canal com a finalidade de conduzir seguramente o vidro líquido para uma superfície lisa, onde será fundido.

2 Caracterização Econômica



2 Caracterização Econômica

A produção mundial de vidro em 2006 foi cerca de 120 Mt, com a União Européia responsável por 30%. O valor da produção mundial é de, aproximadamente, US\$ 155 bilhões. A produção brasileira, em 2006, estimada em 2,57 Mt, participa com 2,1% do total mundial (MME, 2007b).

A Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro, 2007) não tem divulgado a produção anual de vidros nos últimos anos. A capacidade instalada da indústria vidreira nacional, em 2006, situou-se em 3,09 Mt, distribuída em embalagens (42%, 1,30 Mt), vidros planos (40,1%, 1,24 Mt), vidros especiais (10,5%, 0,32 Mt) e domésticos (7,4%, 0,23 Mt). A produção total de embalagens, vidros especiais e domésticos, no período 2002 a 2006, foi estimada em torno de 75% da capacidade instalada; a dos vidros planos, em 95% (MME, 2007b).

A Tabela 3 mostra a evolução da produção da indústria vidreira brasileira e de seus segmentos, de 1997 a 2006. Consta-se, analisando as estatísticas desta tabela, uma alternância de períodos de produção quase constante com períodos de crescimentos significativos.

Tabela 3

Produção da indústria vidreira e de seus segmentos¹, em mil t/ano, no Brasil, durante o período de 1997 a 2006

Segmentos	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Embalagens	890	833	869	911	883	1.039	970	958	969	973
Domésticos	168	160	161	179	177	177	222	212	165	171
Especiais	130	125	130	187	178	198	199	223	249	244
Planos	500	555	715	790	833	998	998	1.178	1.178	1.178
Total	1.688	1.673	1.875	2.067	2.071	2.412	2.389	2.571	2.561	2.566

Fontes: MME, 2006c; MME, 2007b

O Gráfico 4 apresenta a produção relativa da indústria vidreira e de seus segmentos, em mil t/ano, no Brasil, durante o período de 1997 a 2006. Nesta figura pode-se visualizar o crescimento relativo da produção de vidro plano no Brasil que, em 1997, representava cerca de 30% da produção nacional, passando, em 2006, para 46%, enquanto o vidro para embalagens caiu de 53% para 38% no mesmo período.

¹ Valores estimados de 2002 a 2006.

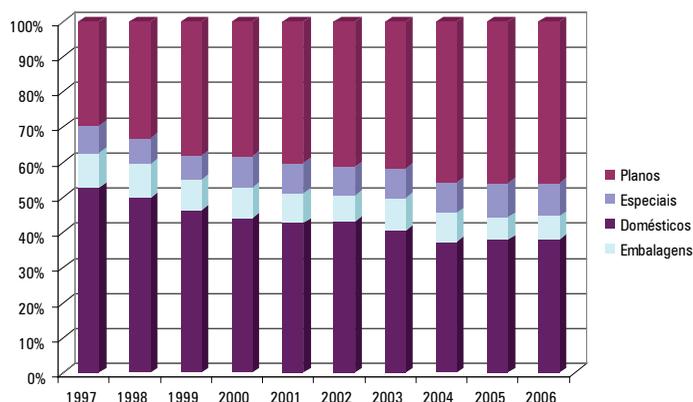


Gráfico 4

Produção relativa da indústria vidreira e de seus segmentos, em mil t/ano, no Brasil, durante o período de 1997 a 2006

2.1 Empregos gerados, comércio internacional, consumo aparente e consumo per capita

A Tabela 4 traz a evolução, de 2001 a 2006, do número de empregos gerados pela indústria vidreira e seus segmentos no Brasil. Pode-se observar uma ligeira diminuição do número total de empregos ao longo do período representado na tabela e que o segmento de embalagens é o que mais emprega no setor.

Tabela 4

Número de empregos (mil) na indústria vidreira, no Brasil, de 2001 a 2006

Segmentos	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Embalagens	5,6	5,6	5,6	5,4	5,1	5,1
Domésticos	2,6	2,6	2,6	2,6	2,3	2,3
Especiais	3,0	3,1	3,0	3,5	3,4	3,3
Planos	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4
Total	12,6	12,7	12,5	12,9	12,2	12,1

Fonte: Elaboração própria, a partir de (Abividro, 2007) e (MME, 2007)

O Gráfico 5 apresenta a participação do número de empregados na indústria vidreira brasileira, por tipo de vidro, de 2001 a 2006. Observa-se na figura que esta participação praticamente se manteve constante durante o período de análise.

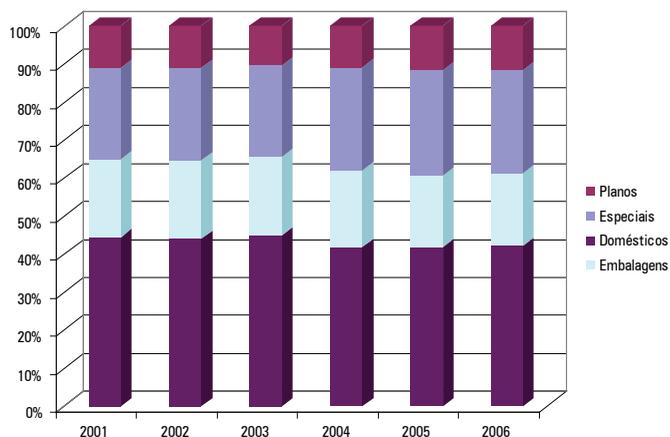


Gráfico 5

Número de empregos relativos na indústria vidreira, no Brasil, de 2001 a 2006

A evolução do comércio exterior da indústria de vidros no País durante o período de 2001 a 2006 está indicada na Tabela 5.

Tabela 5

Comércio exterior da indústria de vidros no Brasil, de 2001 a 2006

Ano	Importações		Exportações		Saldo comercial
	Milhões de US\$	mil toneladas	Milhões de US\$	mil toneladas	Milhões de US\$
2001	204	146	178	234	-26
2002	155	160	193	277	38
2003	195	220	253	398	58
2004	235	305	268	334	32
2005	249	301	282	372	33
2006	277	315	286	335	8

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Aliceweb (MDIC)

O Gráfico 6 apresenta as oscilações do saldo comercial da indústria vidreira no período, na qual é possível constatar a existência de um déficit em 2001 e um superávit significativo em 2003, que foi se reduzindo em 2004 e, sobretudo, em 2006.

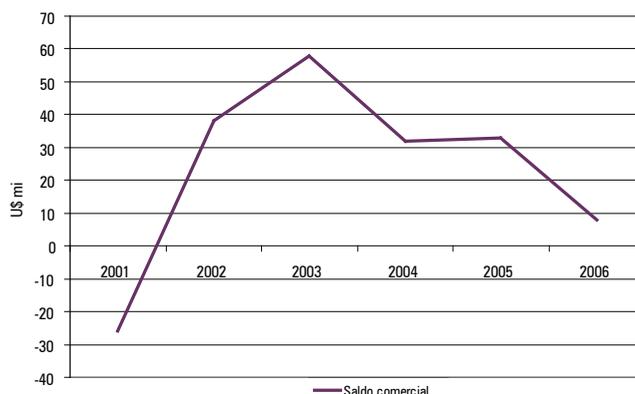


Gráfico 6

Saldo comercial da indústria de vidros no Brasil, de 2001 a 2006

O forte crescimento das importações perante as exportações nos últimos anos tem feito o consumo aparente (Tabela 6) se aproximar da produção. O consumo per capita, também representado na Tabela 6, tem se mantido quase estagnado e abaixo da média mundial de 19 kg/hab.

Tabela 6

Consumo aparente, em mil toneladas, e consumo per capita, em kg/hab, de vidro no Brasil, de 2002 a 2006

Ano	Consumo aparente (10 ³ t)	Consumo per capita (kg/hab)
2002	2.295	13,0
2003	2.211	12,4
2004	2.542	14,0
2005	2.489	13,2
2006	2.546	13,6

Fonte: MME, 2007b

2.2 Indicadores macroeconômicos

A evolução do faturamento da indústria de vidro e de seus segmentos, no País, no período de 2001 a 2006, está indicada na Tabela 7. Conforme pode ser observado, a receita total da indústria vidreira se manteve praticamente constante no período, o que revela uma estagnação da receita bruta desta indústria, em valores reais, neste período. As maiores receitas têm ocorrido, a maior parte dos anos, no segmento de embalagens.

Tabela 7

Faturamento, em 10⁶ R\$ de 2005, da indústria de vidro e de seus segmentos, no Brasil, de 2001 a 2006

Segmentos	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Embalagens	1.203	1.274	1.198	1.188	1.168	1.230*
Domésticos	481	471	498	515	474	512*
Especiais	961	1.124	1.038	1.200	1.078	1.081*
Planos	1.232	1.217	1.121	1.070	1.033	1.095*
Total	3.877	4.086	3.855	3.973	3.753	3.918*

Fonte: ABIVIDRO, 2007

A Tabela 8 e o Gráfico 7, apresentam a evolução, de 1996 a 2005, do Valor Adicionado (VA) ou Valor Agregado da indústria vidreira no Brasil, em R\$ constantes de 2005. Pode-se observar um pico elevado, conjuntural, no ano 2000 e um pequeno crescimento médio durante todo o horizonte analisado na tabela. O crescimento médio anual do VA no período de 1996 a 2005 foi de 1,9% a.a., menor do que o crescimento médio do PIB no mesmo período – 2,4% a.a..

Tabela 8

Valor adicionado da indústria de vidro no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005

1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1.868	2.169	1.644	1.784	1.814	1.696	1.781	2.039	2.989	2.214

Fonte: Disponível em: <www.ibge.gov.br>

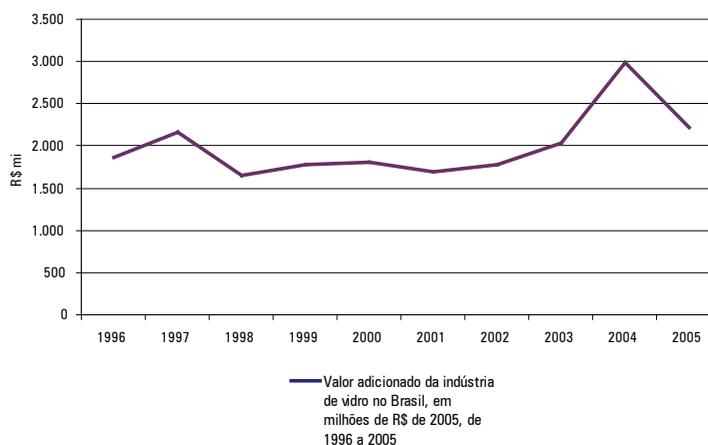
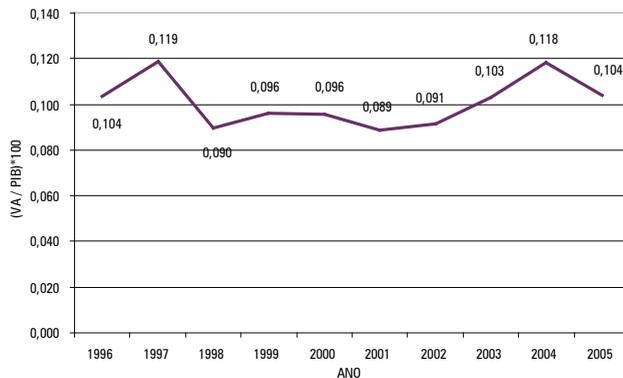


Gráfico 7

Valor adicionado da indústria de vidro no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005

O Gráfico 8 ilustra como evoluiu, no período de 1996 a 2005, a participação da indústria vidreira na formação do PIB nacional. Durante estes anos, a participação oscilou entre 0,090%, em 1998, a 0,119%, em 1997, iniciando e terminando o período com uma participação de 0,104% de participação do VA da indústria do vidro, no PIB nacional.

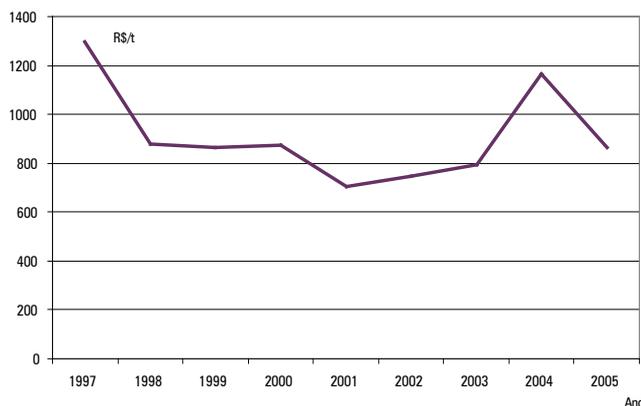


Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE

Gráfico 8

Participação percentual da indústria de vidro na formação do PIB, de 1996 a 2005

Dividindo-se os valores adicionados (VA) anuais da indústria vidreira nacional, da Tabela 8, pelos valores correspondentes de produção física total (PF), da Tabela 3, obtém-se a série de valores unitários de produção (VUP) desta indústria, ilustrada no Gráfico 9. Pode-se constatar, nesta figura, as quedas do VUP até 2002, as recuperações em 2003 e 2004 e a nova queda em 2005.



Fonte: Elaboração própria, com dados do IBGE e do MME

Gráfico 9

Evolução, de 1997 a 2005, do valor unitário da produção da indústria vidreira no Brasil, em (R\$ de 2005)/t

Os investimentos da indústria de vidro, tanto os valores totais como os associados aos seus quatro segmentos, têm oscilado bastante nos últimos anos, conforme pode ser constatado na Tabela 9. A tendência média dos investimentos totais desta indústria é decrescente, tanto em termos absolutos (Tabela 60), como em relação ao VA setorial (Gráfico 7). Esta queda na produção e, por consequência, nos investimentos do setor, pode ser explicada, em parte, pela substituição do vidro por embalagens plásticas, no caso do segmento de vidros para embalagens, e também por fatores conjunturais da economia que não corresponderam às expectativas dos grandes investimentos realizados pelo setor no início da década.

Tabela 9
Investimentos da indústria vidreira e de seus segmentos, no Brasil, em 10⁶
R\$ de 2005, de 2001 a 2006

Segmentos	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Embalagens	113	154	100	179	144	91
Domésticos	44	27	14	28	27	33
Especiais	130	38	31	91	112	59
Planos	151	150	234	197	51	54
Total	438	369	379	495	334	237

Fonte: Elaboração própria, a partir de (MME, 2006c) e (MME, 2007b)

2.3 Principais empresas do setor vidreiro

Estima-se que a indústria de vidros no País seja constituída por 20 empresas grandes, 30 a 40 médias e um grande número de microempresas (MME, 2006).

Na década de 1960, a fabricante de vidro francesa Saint Gobain associou-se a uma tradicional empresa brasileira do setor, denominada Santa Marina, sendo que, posteriormente, em 1966, adquiriu o controle acionário daquela empresa.

No final da década de 1970, a empresa inglesa Pilkington adquiriu o controle de duas outras empresas que produziam vidro no Brasil (uma de capital local e outra pertencente a grupos franceses).

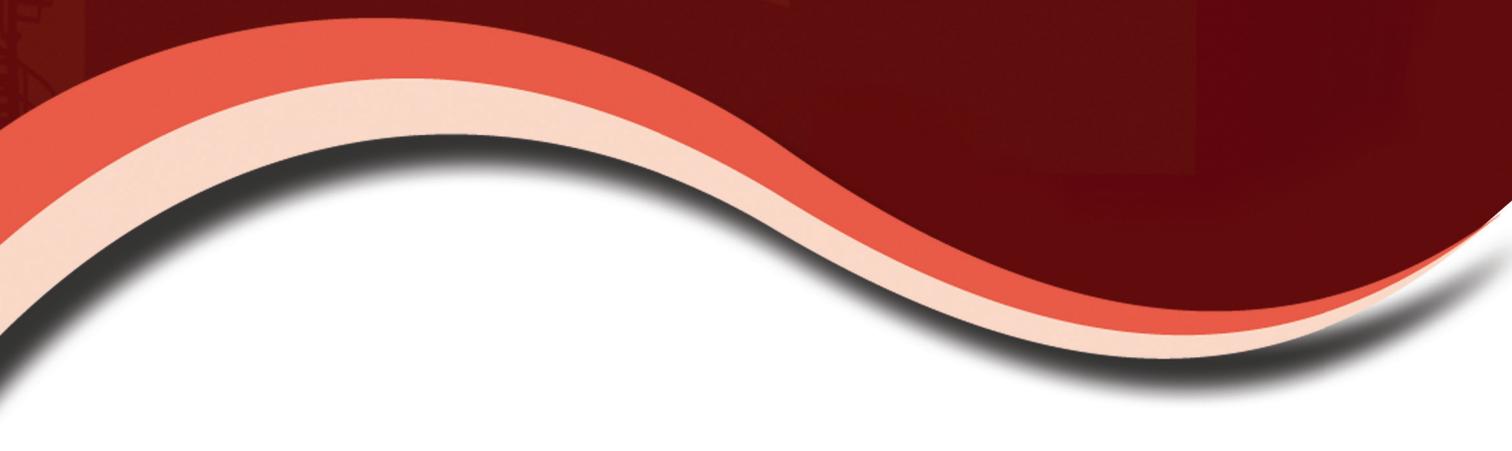
A entrada da Pilkington no mercado brasileiro estava associada a seus planos de formação de uma *joint venture* com a Saint Gobain, conformando um padrão de atuação oligopolístico internacional sem desencadear uma guerra de preços no setor. De um lado, a Saint Gobain passaria a ter acesso ao novo método *float*, diminuindo os custos do licenciamento e, de outro lado, a Pilkington se beneficiaria da ampla estrutura de produção e de distribuição da Santa Marina (controlada pela Saint Gobain) no Brasil.

Com isso, nasceu uma nova empresa no setor de vidro no Brasil, de capital anglo-francês, denominada Cebrace (Companhia Brasileira de Cristal), cuja primeira unidade fabril foi instalada em 1982 no município de Jacaré, no Estado de São Paulo, com capacidade produtiva de 600 toneladas/dia de vidro flutado. Posteriormente, foram construídas outras duas fábricas da *joint venture* Cebrace, ambas com capacidade de produção similar à primeira planta, nos municípios paulistas de Caçapava e Jacaré.

Em 1998, a fabricante americana Guardian decidiu entrar no mercado brasileiro de vidros e inaugurou uma planta industrial no município de Porto Real no Rio de Janeiro. Com isso, o mercado brasileiro deixou de ser monopolizado pela Cebrace, passando a ter uma estrutura de duopólio.

Mais recentemente, em 2004, a Cebrace inaugurou sua quarta unidade produtiva no Brasil, localizada no município de Barra Velha, em Santa Catarina, com a mesma capacidade de suas outras três unidades localizadas no Estado de São Paulo.

3 Caracterização Ambiental

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 of the page, there are decorative wavy lines in shades of orange and light red, creating a modern, graphic look.

3 Caracterização Ambiental

No Brasil, a reciclagem de embalagens de vidro é estimada em 45% do total de vidro produzido para embalagens, correspondendo, em 2005, a 457 mil toneladas recicladas, para um consumo aparente de 1.000.000 toneladas. Não se conhece a quantidade exata da reciclagem dos outros tipos de vidro, porém estima-se que a reciclagem total de vidros no País seja de pelo menos 20% do total do vidro produzido para todas as finalidades (MME, 2006).

Os principais poluentes da indústria do vidro são as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e materiais particulados provenientes dos fornos de fusão.

A Tabela 10 apresenta os limites de emissões estabelecidos pela Resolução nº 328 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, de 26 de dezembro de 2006, que especifica os limites de emissões por poluente e por tipologia de fonte. A resolução estabelece, dentre outras determinações, os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de fornos de fusão de vidro.

Tabela 10

Limites para emissões de poluentes atmosféricos na produção de vidro

Poluente	Classificação	Emissão (kg / t.v.f.) ⁽¹⁾
Particulado	Receita Soda-Cal	0,4
	Receita Borosilicato	0,8
	Chumbo + Outras	0,5
NO _x	Vidro claro (incolor)	
	Doméstico	4,5
	Plano	4,3
	Embalagem	3,2
	Especiais Técnicos	4,5
	Vidro colorido	
	Doméstico	7,5
	Plano	6,7
	Embalagem	5,4
	Especiais Técnicos	6,7
SO _x	Gás Natural	1,4
	Óleo Combustível	5,0

(1) (kg / t.v.f.) = quilos por tonelada de vidro fundido

Fonte: Resolução Conama nº 328, de 26/12/2006

3.1 Reciclagem do vidro

Uma parte da matéria-prima mineral virgem da indústria de vidro pode ser poupada e substituída por vidro reciclado. A utilização do vidro triturado, chamado de caco de vidro ou “cullets”, propicia economias no consumo de energia e no uso da água, resultando em ganhos ambientais substanciais.

O vidro comum funde a uma temperatura entre 1000 °C e 1200 °C, menor do que a temperatura de fabricação do vidro, de 1550 °C. Para cada 10% de caco de vidro na mistura economiza-se de 3 a 4% da energia necessária para a fusão nos fornos industriais e reduz-se em 10% a utilização de água (MME, 2007b).

4 Caracterização Energética



4 Caracterização Energética

Como será apresentado nesta seção do trabalho, a indústria de vidro se caracteriza por ser um grande consumidor de gás natural (GN).

Na década de 1990, quando iniciou o processo de penetração do GN na matriz energética brasileira, a indústria vidreira foi uma das primeiras a aceitar rapidamente o seu consumo, pois, conforme já mencionado, além de ganhos ambientais com o seu uso, este segmento tem grandes ganhos econômicos e de qualidade, com a substituição do GLP pelo GN.

4.1 Estimativas dos consumos energéticos

Apesar dos fabricantes de vidro se enquadrarem na indústria de minerais não-metálicos e poderem ser classificados como energo-intensivos, o Balanço Energético Nacional (BEN), não lhes dá um tratamento individualizado, como faz com outros segmentos energo-intensivos do segmento de minerais não-metálicos, como, por exemplo, os produtores de cerâmicas e de cimento. A indústria do vidro faz parte da categoria denominada no BEN como, “outras indústrias”.

Em vista disto, não se dispõe de dados de consumo de energia publicados para a indústria vidreira, na medida em que associações setoriais como a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (ABIVIDRO, 2007) também não publicam tais dados. Aliás, estas associações também não publicam dados de produção, mas só de capacidade instalada, por tipo de vidro.

Nesta seção são apresentadas estimativas do consumo de combustíveis na indústria de vidro brasileira, a partir de um banco de dados de consumos municipais de derivados de petróleo, que indica os gastos para esta indústria, e de um levantamento recente, feito pela Abividro sobre o consumo total de gás natural nesta indústria.

A Tabela 11 mostra os consumos de GLP, gasolina, óleo combustível e óleo diesel na indústria de vidro em 2005, por Estados da Federação, segundo o banco de dados supra-citado, que é mantido e atualizado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP.

Pode-se observar, na Tabela 11, que os maiores consumos foram de óleo combustível e de GLP, sobretudo nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, nesta sequência.

Tabela 11

Consumo de combustíveis derivados do petróleo, em mil tep, na indústria vidreira em 2005, por estados da Federação

Estado	GLP	Gasolina	Óleo combustível	Óleo diesel
Ceará	0,00	0,00	0,00	0,02
Paraíba	0,00	0,00	0,00	0,00
Pernambuco	0,05	0,02	0,00	0,09
Alagoas	0,00	0,00	0,00	0,00
Bahia	0,00	0,00	0,00	0,00
Sergipe	0,00	0,00	0,92	0,08
MinasGerais	0,11	0,00	2,71	0,77
EspíritoSanto	0,01	0,00	0,00	0,00
RiodeJaneiro	0,65	0,00	0,38	0,00
São Paulo	6,60	0,00	47,43	2,69
Paraná	0,21	0,00	0,00	0,73
Santa Catarina	0,45	0,00	0,05	0,02
Rio Grande do Sul	0,06	0,00	12,72	0,04
Total	8,15	0,02	64,23	4,43

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da ANP

A Tabela 12 apresenta os consumos de GLP e de óleo combustível na indústria vidreira brasileira para o período de 2001 a 2005, obtidos a partir da base de dados da ANP. Esta tabela revela reduções substanciais nos consumos de ambos os derivados de petróleo, por conta da forte penetração do gás natural nesta indústria.

Os fabricantes de vidro e de produtos cerâmicos foram pioneiros no Brasil no consumo de quantidades substanciais de gás natural, por conta de vantagens técnicas, econômicas e, evidentemente, ambientais.

O gás natural proporciona um controle preciso da temperatura nos processos de produção de vidros não planos e vidros prensados de uso automotivo, residencial e arquitetônico, tradicionalmente obtidos somente por fornos elétricos de radiação.

Estudos realizados pela Companhia de Gás de São Paulo no início da década e mencionados por Santos (2002), mostravam que se podia obter economia de 25% com a substituição de óleo combustível por gás natural na indústria de vidro paulista.

Tabela 12

Consumos de GLP e de óleo combustível, em mil tep, na indústria de vidro brasileira, de 2001 a 2005

Combustível	2001	2002	2003	2004	2005
GLP	18,33	15,03	10,82	8,55	8,14
Óleo Combustível	124,65	114,90	71,89	70,39	64,22
Total	142,98	129,93	82,70	78,94	72,36

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da ANP

Segundo informação prestada na Abividro, o consumo médio diário, em 2006, de gás natural na indústria vidreira brasileira foi de 1.500.000 m³, que corresponde a 1.320 tep/dia, ou 481.800 tep durante todo o ano.

De acordo com o banco de dados da ANP, o consumo de óleo combustível pelos fabricantes de vidro em 2006 foi de 55.592 toneladas, ou 53.313 tep. Assumindo que o consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) naquele ano foi de 8.000 tep, um valor um pouco inferior ao do ano interior, pode-se estimar um consumo total de combustíveis, nesta indústria, de 543.113 tep.

Como a produção de vidro estimada pela Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia (MME) para 2006 foi de 2.566.000 toneladas (MME, 2007b), o consumo específico de combustíveis naquele ano foi de 0,2117 tep/t. Este valor não é muito superior à média europeia correspondente – 0,192 tep/t, segundo o Comité Permanent des Industries du Verre Européennes – CPIV (MME, 2007b).

Pode-se estimar a evolução do consumo de gás natural no período de 2001 a 2005, assumindo-se que o consumo específico de combustíveis calculado acima para 2006 tenha se mantido durante este período. Multiplicando-se este valor, constante, de consumo específico pela produção estimada pela SGM/MME para a produção de vidro em cada ano deste período, obtêm-se os consumos correspondentes de combustíveis. Como se conhece os consumos de óleo combustível e GLP em cada um destes anos (Tabela 12), as diferenças entre estes e os consumos totais de combustíveis correspondem aos consumos estimados de gás natural. A Tabela 13 apresenta os resultados desta sequência de passos.

Tabela 13

Produção de vidro, consumo de combustíveis, consumo agregado de óleo combustível e GLP e consumo de gás natural na fabricação de vidro, de 2001 a 2005

Ano	Produção de vidro (10 ³ t)	Consumo de combustíveis (10 ³ tep)	Consumo de óleo combustível e GLP (10 ³ tep)	Consumo de gás natural (10 ³ tep)
2001	2.071	438,43	142,98	295,45
2002	2.412	510,62	129,93	380,69
2003	2.389	505,75	82,70	423,05
2004	2.571	544,28	78,94	465,34
2005	2.561	542,16	72,36	469,80

Fonte: Elaboração própria, com dados da Abividro, ANP e MME (2007)

Como a produtividade do trabalho na indústria de vidro europeia – 190 kg / homem / ano - é próxima à brasileira – 214 kg de vidro / homem / ano (MME, 2007b), os principais fabricantes de vidro no Brasil são empresas europeias e o principal combustível empregado na produção de vidro na Europa é o gás natural (MME, 2007b).

É razoável supor que as tecnologias empregadas também são semelhantes. Com esta hipótese, é possível estimar os consumos de eletricidade na indústria de vidro no Brasil no período de 2001 a 2006 multiplicando-se o consumo específico médio da energia elétrica na indústria de vidro europeia – 0,048 tep/t (ou 555 kWh/t), fornecida pelo Comité Permanent des Industries du Verre Européennes – CPIV (MME, 2007b), pela produção nacional para cada ano neste período. Os resultados desta operação estão indicados na Tabela 14, junto com os consumos dos outros três principais combustíveis utilizados nesta indústria no Brasil.

Tabela 14

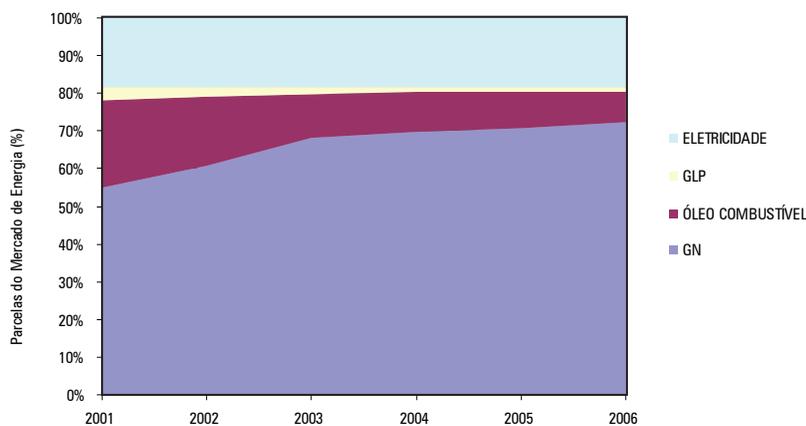
Consumos estimados, em 10³ tep, para os principais energéticos utilizados na indústria de vidro no Brasil, de 2001 a 2006

COMBUSTÍVEL	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gás natural	295,45	380,69	423,05	465,34	469,80	481,80
Óleo combustível	124,65	114,90	71,89	70,39	64,22	53,31
GLP	18,33	15,03	10,82	8,55	8,14	8,00
Eletricidade	99,41	115,78	114,67	123,41	122,92	123,17
Total	537,84	626,40	620,43	667,69	665,08	666,28

Fonte: Elaboração própria, com dados da Abividro, ANP e MME (2007)

Com as hipóteses assumidas, de consumos específicos constantes tanto para a energia térmica como para a energia elétrica durante o período de 2001 a 2006, as variações anuais do consumo energético total, na Tabela 14, correspondem às variações da produção anual estimada de vidro.

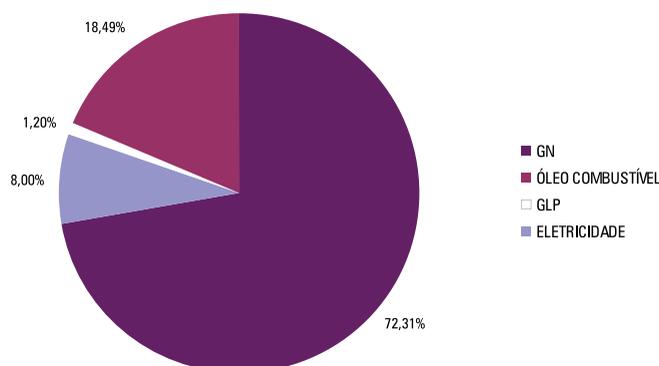
O processo de substituição do óleo combustível e do GLP por gás natural está ilustrado no, Gráfico 10, que revela, com bastante clareza, que este processo foi bem mais intenso entre 2001 e 2003, do que nos anos subsequentes.



Fonte: Elaboração própria, com dados da Abividro, ANP e MME (2007)

Gráfico 10

Parcelas de mercado, em %, dos energéticos utilizados na indústria de vidro no Brasil, de 2001 a 2006



Fonte: Elaboração própria, com dados da Abividro, ANP e MME (2007)

Gráfico 11

Parçelas de mercado dos energéticos consumidos na indústria vidreira no Brasil em 2006

Segundo as hipóteses aqui adotadas e as estimativas delas decorrentes, o gás natural respondeu por 72,3% do consumo energético total da indústria de vidro nacional em 2006, seguido pela energia elétrica, com 18,5% do mercado, óleo combustível, com 8%, e GLP, com 1,2% (Figura 12). Naquele ano, o consumo energético total estimado deste segmento industrial correspondeu a 0,9% do consumo energético total de toda a indústria brasileira.

Como a indústria de vidro não é analisada individualmente no Balanço Energético Nacional, o mesmo ocorre no Balanço de Energia Útil (BEU). Logo, não se dispõe de levantamentos recentes, no Brasil, sobre a distribuição, por usos finais, do consumo energético desta indústria, nem sobre os rendimentos de conversão, por energético, nestes usos.

Pode-se afirmar, no entanto, que mais de 90% do consumo de combustíveis ocorre em fornos de fusão e o restante em operações de conformação do vidro (IPT, 1983; IEA, 2007).

A energia elétrica é utilizada como apoio elétrico (electrical boosting) em fornos de fusão, para produzir força motriz e em iluminação. Este apoio elétrico é empregado para aumentar a produção (IEA, 2007) e para melhorar a qualidade do produto. O uso crescente do gás natural, que, conforme já foi mencionado, garante um bom controle da temperatura do processo de fusão, tem diminuído esta segunda aplicação.

4.2 Intensidade elétrica e térmica

A Tabela 15 mostra a evolução do valor adicionado (VA), dos consumos de energia elétrica (CEL) e de energia térmica (CET) e das intensidades elétrica (IEL) e a intensidade de energia térmica (IET) da indústria do vidro no País durante o período de 2001 a 2005.

Tabela 15

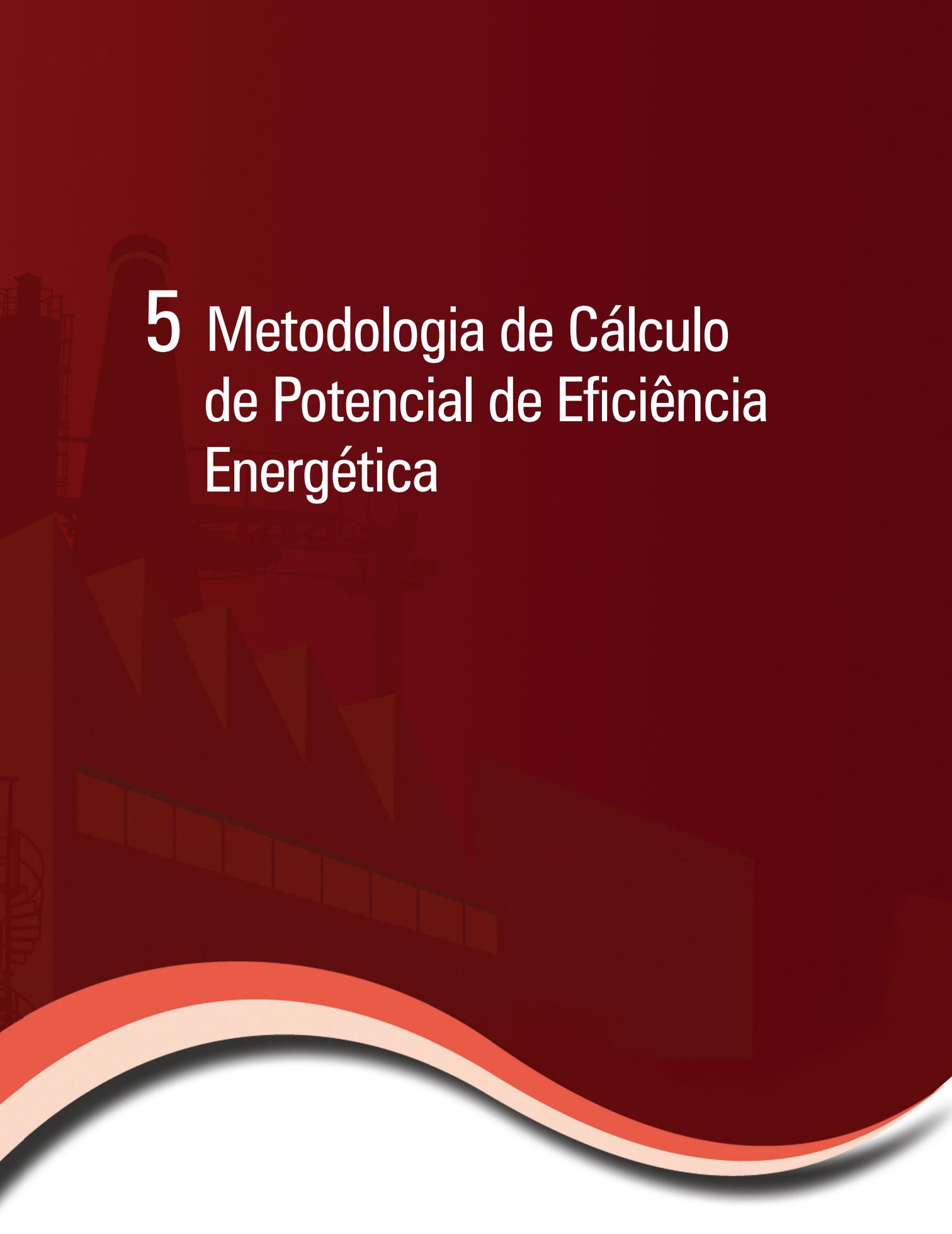
Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) da indústria do vidro no Brasil, de 2001 a 2005

	2001	2002	2003	2004	2005
VA (10 ⁶ R\$ de 2005)	1.696	1.781	2.039	2.989	2.214
CEL (MWh)	1.156.138	1.346.521	1.333.612	1.435.258	1.429.560
IEL (MWh/(10 ⁶ R\$ de 2005))	682	756	654	480	646
CET (tep)	438.430	510.620	505.760	544.280	542.160
IET (tep/(10 ⁶ R\$ de 2005))	259	287	248	182	245

Fonte: Elaboração própria, com dados da Abividro, ANP, MME (2007). Disponível em: < www.ibge.gov.br >

Tanto a intensidade elétrica como a de energia térmica diminuíram no triênio 2002/2004, mas voltaram a crescer em 2005, sem atingirem, no entanto, os valores de 2001. Esta queda pode ser atribuída à melhora da eficiência dos processos da indústria vidreira.

5 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética



5 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética

Os consumos, médio e mínimo, de energia térmica e energia elétrica 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 indústrias 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.

5.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade

A indústria de vidros é usualmente desagregada nos seguintes segmentos: vidros de embalagens, vidros domésticos, vidros especiais e vidros planos. Infelizmente, não se dispõe de dados suficientes para estimar o potencial técnico de conservação de energia destes segmentos; logo, este relatório apresenta uma estimativa deste potencial para a indústria de vidros nacional como um todo.

A Tabela 14 mostra dados de produção, consumos energéticos específicos e coeficientes de distribuição de energia para esta indústria em 2007. A fabricação de todos os tipos de vidros utiliza fornos como único uso final de energia térmica. O uso de energia elétrica é predominantemente em força motriz.

Uma estimativa da ABIVIDRO, 2007, para o consumo total de gás natural nesta indústria, mais os dados sobre consumos setoriais de óleo combustível e GLP, levantados pela ANP, permitiram a realização de uma boa estimativa do valor médio do consumo específico de energia térmica nesta indústria (BAJAY et al., 2008). Esta estimativa, inclusive, foi validada e complementada por uma visita técnica à empresa Wheaton Brasil Vidros Ltda.

Uma estimativa do valor médio do consumo específico de energia elétrica da indústria de vidros no Brasil foi obtida em uma publicação recente do Ministério de Minas e Energia (MME, 2008c), que também foi confirmada e complementada pela visita à empresa citada acima.

A Tabela 18 apresenta os consumos específicos de energia elétrica e térmica, ou seja, a divisão entre consumo energético, em mil tep, pela produção. Os valores mínimos e médios do consumo específico foram obtidos de uma publicação da Agência Internacional de Energia forneceu o valor mínimo, utilizado neste trabalho, para o consumo específico de energia térmica (IEA, 2007); ele corresponde às melhores tecnologias hoje utilizadas nos EUA e na União Européia. Infelizmente, não foi encontrado este tipo de estatística para o consumo específico de eletricidade. O valor médio do consumo específico, tanto térmico como elétrico, foi obtido do cociente entre a produção total de vidro pelo consumo energético total deste segmento.

Tabela 16

Consumos específicos da energia térmica e elétrica da indústria de vidro no Brasil, em tep/t, em 2007

Energia térmica		Energia elétrica	
Médio	Mínimo	Médio	Mínimo
0,2152	0,1194	0,0481	0,0481

Fonte:Elaboração própria a partir de IEA, Abividro, ANP, MME , em 2007

A Tabela 17 apresenta os coeficientes de distribuição de energia para a indústria de vidro no Brasil em 2007. Os dados apresentados nesta tabela foram obtidos a partir de dados colhidos em pesquisas realizadas na execução deste trabalho

Tabela 17

Coeficientes de distribuição de energia para a indústria de vidro no Brasil em 2007

Energia térmica	Energia elétrica			
Aquecimento direto	Força motriz	Refrigeração	Fornos elétricos	Iluminação
Fornos				
1	0,86	0,02	0,09	0,03

Fonte:Elaboração própria a partir de levantamentos na industria vidreira

5.2 Potencial técnico de conservação de energia

Este é um segmento industrial cujo consumo de energia térmica é bem mais elevado do que o consumo de energia elétrica. Para o primeiro se conseguiu estimar, neste trabalho, um potencial técnico de conservação de 222.831 tep em 2007 (Tabela 18), que correspondeu a 44,5% do correspondente consumo energético naquele no.

O potencial técnico total de conservação de energia dos produtos aqui analisados, como porcentagem de seu consumo energético, é de 36,4%.

Tabela 18

Potencial técnico de conservação de energia na indústria de vidros no Brasil em 2007 Segmento Produtos Potencial de Conservação de Energia (tep)

Segmento	Produtos	Potencial de Conservação de Energia (tEP)					Total por produto
		Energia térmica		Energia elétrica			
		Aquecimento direto	Força motriz	Refrigeração	Fornos elétricos	Iluminação	
		Fornos					
Fabricação de vidro	Vidros para embalagens, vidros domésticos, vidros planos e vidros especiais	222.831	0	0	0	0	222.831

5.3 Potencial de conservação de energia segundo o BEU

A utilização de grandes fornos com elevadas taxas de reciclagem de vidro pré-aquecido, aquecimento regenerativo e emprego de oxigênio nos queimadores pode propiciar economias de energia entre 30 e 40% do consumo atual nesta indústria (IEA, 2007).

Segundo Martin et alii (2000), a fabricação de vidro com 100% de material reciclado deve estar razoavelmente difundida no futuro, propiciando grandes economias de energia nesta indústria.

O setor vidreiro não é contemplado em separado no BEU e, como existe uma grande aproximação do tipo de processo do setor vidreiro com o de cerâmica (chamados setores primos) para a realização das análises do potencial de conservação de energia do setor vidreiro, serão utilizados os dados energéticos do setor vidreiro aplicado ao coeficiente de destinação e rendimentos do setor cerâmico.

A Tabela 19 apresenta os coeficientes de destinação do setor cerâmico baseados no BEU (2005), para os 4 principais energéticos consumidos no setor vidreiro.

Tabela 19

Coeficientes de destinação de energia final do setor vidreiro

FORMAS DE ENERGIA	USOS FINAIS				
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.	Total
GÁS NATURAL			1,000		1,000
ÓLEO COMBUSTÍVEL		0,283	0,717		1,000
GLP	0,003	0,245	0,752		1,000
ELETRICIDADE	0,900		0,064	0,036	1,000

Fonte: Balanço de Energia Útil – BEU/MME

A Tabela 20 apresenta o consumo dos quatro principais energéticos do setor vidreiro por uso final. Este consumo foi obtido do produto do coeficiente de destinação, apresentado na Tabela 67, pela energia final total consumida por energético do setor vidreiro em 2005, em mil tEP.

Tabela 20
Energia final por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep

FORMAS DE ENERGIA	USOS FINAIS				
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.	Total
GÁS NATURAL			481,80		481,80
ÓLEO COMBUSTÍVEL		15,09	38,22		53,31
GLP	0,02	1,96	6,02		8,00
ELETRICIDADE	110,85		7,88	4,43	123,17
TOTAL	110,88	17,05	533,92	4,43	666,28

Fonte: Elaboração própria, baseado no Balanço de Energia Útil – BEU/MME

O modelo MAPEE, utilizado pelo BEU, calcula o potencial de conservação de energia por meio da diferença entre os rendimentos padrão e de referência dos diversos usos finais/energéticos analisados em um determinado setor.

Os rendimentos padrões são aqueles encontrados em aplicação na indústria, ou seja, uma média dos rendimentos em uso, considerando seus tempos de uso, tecnologias, entre outros fatores, que influenciam no rendimento. Por outro lado, o rendimento de referência seria o rendimento do melhor equipamento encontrado no mercado.

A Tabela 21 e Tabela 22, apresentam os rendimentos padrões e de referência que serão utilizados para o cálculo dos potenciais de economia de energia dos usos finais analisados no setor vidreiro.

Tabela 21
Rendimentos padrões dos usos finais/energético do setor vidreiro

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.
GÁS NATURAL	0,330	0,720	0,550	
ÓLEO COMBUSTÍVEL		0,720	0,550	
GLP	0,280	0,720	0,550	0,002
ELETRICIDADE	0,890	0,940	0,580	0,240

Fonte: Elaboração própria, baseado no Balanço de Energia Útil – BEU/MME

Tabela 22

Rendimentos de referência dos usos finais/energético do setor vidreiro

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTES DE EFICIÊNCIA DE REFERÊNCIA			
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.
GÁS NATURAL	0,350	0,750	0,750	
ÓLEO COMBUSTÍVEL		0,750	0,750	
GLP	0,290	0,750	0,750	0,002
ELETRICIDADE	0,910	0,950	0,620	0,280

Fonte: Elaboração própria, baseado no Balanço de Energia Útil – BEU/MME

A Tabela 23 apresenta a energia útil, em mil tEP, dos usos finais do setor vidreiro considerando as energias finais aplicado aos rendimentos padrões.

Tabela 23

Energia útil por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento padrão

FORMAS DE ENERGIA	DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ÚTIL				
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.	Total
GÁS NATURAL			264,99		264,99
ÓLEO COMBUSTÍVEL		10,86	21,02		31,89
GLP	0,01	1,41	3,31		4,73
ELETRICIDADE	98,66		4,57	1,06	104,30
TOTAL	98,67	12,27	293,89	1,06	405,90

Fonte: Elaboração própria, baseado no Balanço de Energia Útil – BEU/MME

O Gráfico 12 apresenta uma comparação do consumo da energia final e útil dos principais energéticos do setor vidreiro.

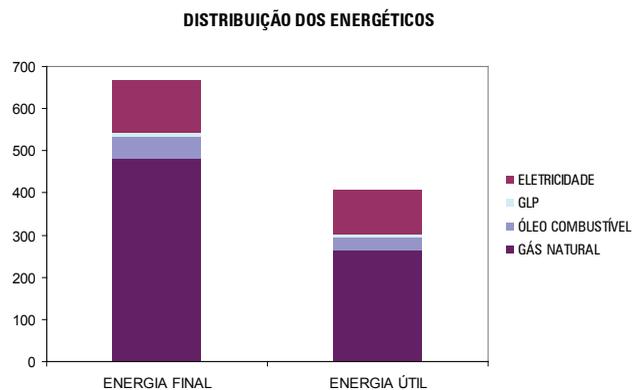


Gráfico 12

Comparação da energia final e útil dos principais energéticos do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento padrão

O Gráfico 13 apresenta uma comparação do consumo da energia final e útil nos principais usos finais do setor vidreiro.

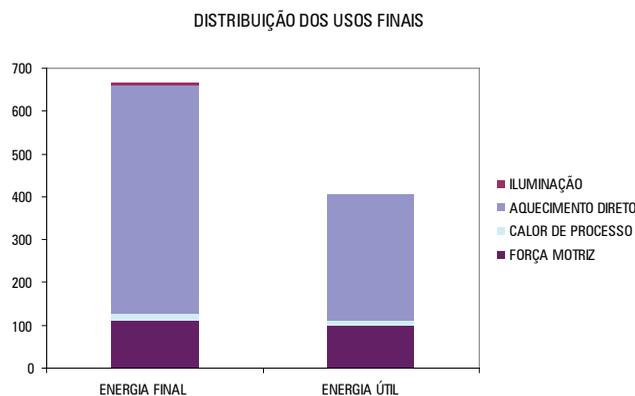


Gráfico 13

Comparação da energia final e útil pelos principais usos finais do setor vidreiro, em 2006, em mil tEP, considerando o rendimento padrão

A Tabela 24 apresenta a energia útil, em mil tep, dos usos finais do setor vidreiro, considerando as energias finais aplicado aos rendimentos de referência.

Tabela 24

Energia útil por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep, considerando o rendimento de referência

FORMAS DE ENERGIA	DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ÚTIL DE REFERENCIA				
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.	Total
GÁS NATURAL	0,0	0,0	498,5	0,0	498,5
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0,0	13,6	34,5	0,0	48,2
GLP	0,0	1,5	4,6	0,0	6,1
ELETRICIDADE	41,4	0,0	2,0	0,5	43,9
TOTAL	41,4	15,1	539,6	0,5	596,6

Fonte: Elaboração própria baseado no Balanço de Energia Útil – BEU/MME

A Tabela 25 apresenta, em mil tEP, o potencial de conservação do setor vidreiro, que é obtido através da comparação da energia útil, considerando as eficiências padrão e de referência do setor.

Tabela 25

Potencial de economia de energia por uso final do setor vidreiro, em 2006, em mil tep

FORMAS DE ENERGIA	POTENCIAL DE ECONOMIA DE ENERGIA				
	F.M.	C.P.	A.D.	Ilumin.	Total
GÁS NATURAL	0,0	0,0	177,2	0,0	177,2
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0,0	0,7	12,3	0,0	13,0
GLP	0,0	0,1	1,6	0,0	1,7
ELETRICIDADE	1,0	0,0	0,2	0,3	1,5
TOTAL	1,0	0,8	191,4	0,3	193,4

Fonte: Elaboração própria baseado no Balanço de Energia Útil – BEU/MME

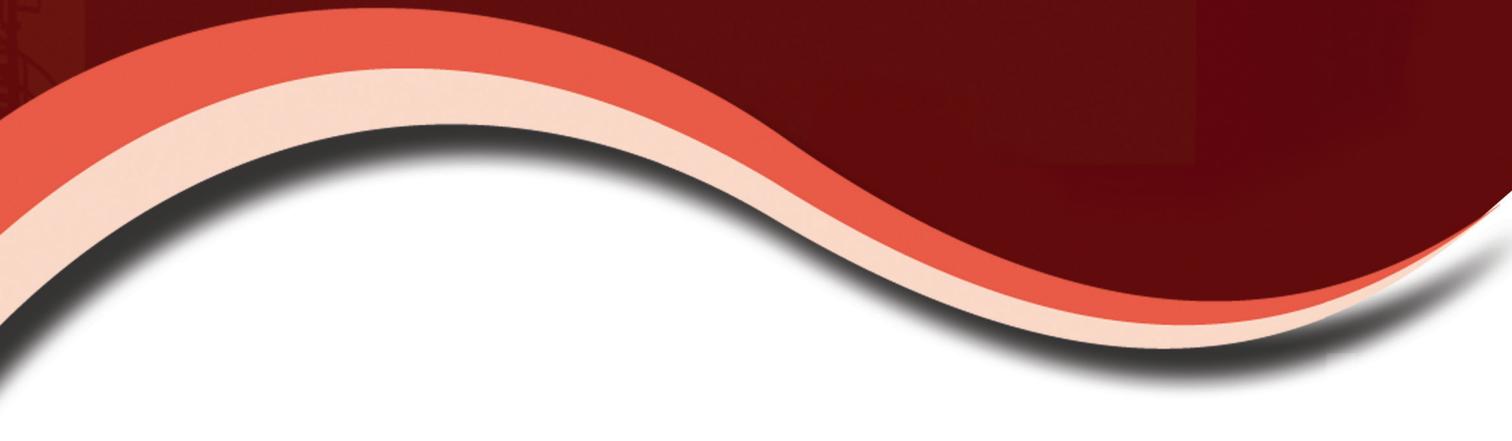
O total do potencial de economia de energia no setor vidreiro é de 193 mil tep; destes, o maior potencial está no uso como aquecimento direto do gás natural, com 177,2 mil tep de potencial de redução. Isto representa 4,3% do total de energia destinado para o setor.

6 Comparação dos Resultados de Potencial de Conservação de Energia das Metodologias de Cálculo

6 Comparação dos Resultados de Potencial de Conservação de Energia das Metodologias de Cálculo

Comparando-se os potenciais de conservação de energia térmica, realizado pela metodologia de análise dos dados de referência nacional e internacional, com a metodologia de cálculo da conservação utilizando os dados do BEU, verifica-se que há certa coerência. Segundo bibliografias, existe no segmento vidreiro um potencial de 222 mil tep contra 177 mil tep pelo cálculo com dados do BEU, uma diferença de aproximadamente 25%. Pode-se, então concluir que esta seria uma faixa aceitável de potencial de conservação de energia térmica na indústria vidreira.

7 Barreiras ao uso racional de energia



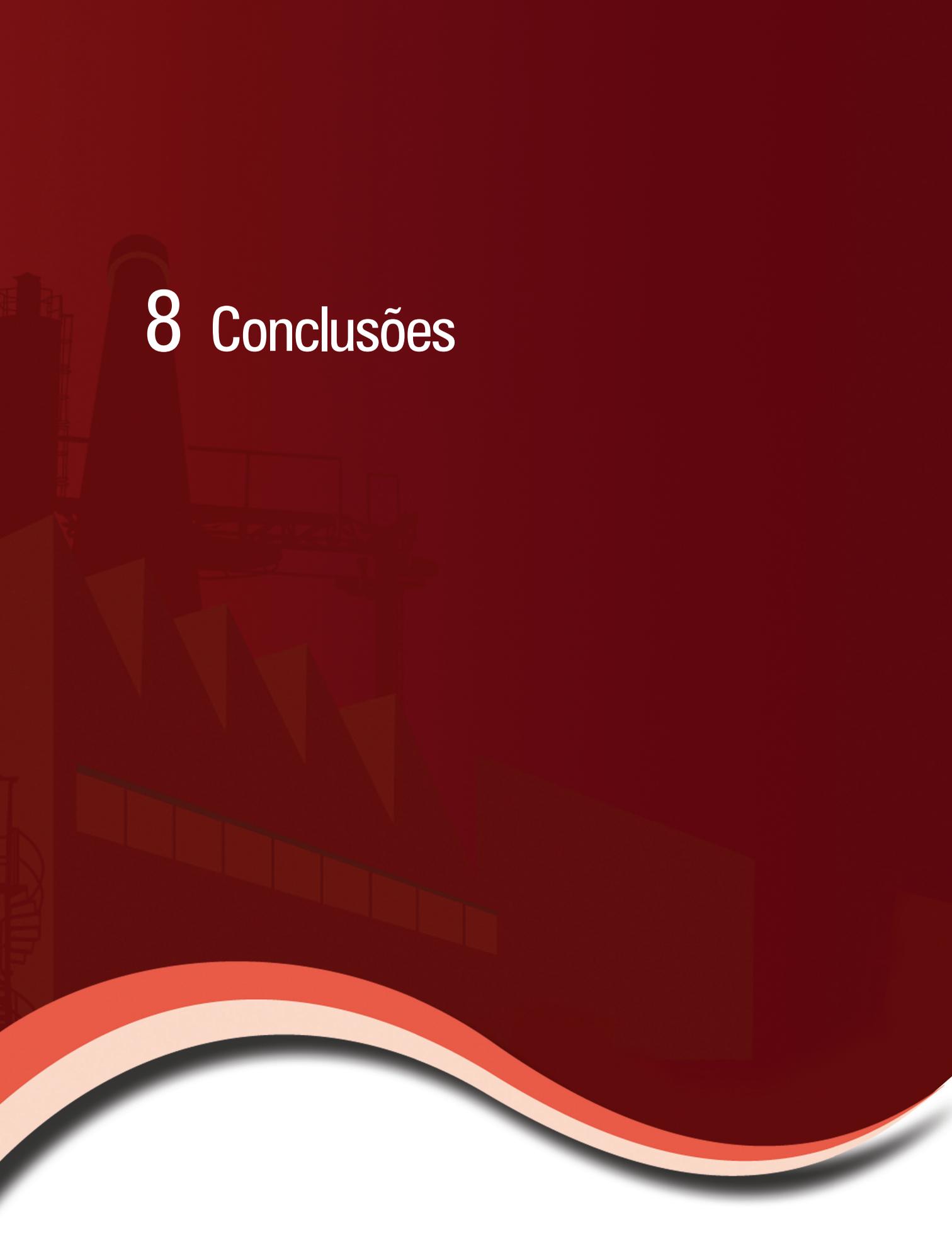
7 Barreiras ao uso racional de energia

No Brasil, com exceção das pequenas produtoras de vidros ornamentais e laminadoras (que não produzem vidro, só os beneficia) a indústria do vidro é de grande porte. Por serem de grande porte, propiciam ganhos de eficiência energética devido à considerável escala de produção. O segmento industrial é energo-intensivo, mas não é eletro-intensiva, ou seja, há significativo consumo de energia térmica.

As melhores oportunidades de eficientização residem na recuperação dos gases de exaustão dos fornos, cuja prática já é comum no país. Devido ao porte das empresas instaladas e, conforme já apresentado neste trabalho, agrupadas em um reduzido número de grupos empresariais, a assimetria de informação não é uma barreira.

No contato com representantes do setor, foi possível identificar que o alto custo dos fornos dificulta a substituição dos aparelhos antigos que estão em operação por máquinas novas e mais eficientes. A vida útil de fornos de vidro é grande e os investimentos necessários à substituição são significativos. A providência mais comum são adaptações dos fornos existentes para aumentar a eficiência energética e vida útil dos equipamentos. Entretanto, nestes casos, a eficiência resultante é geralmente menor do que a de fornos novos.

8 Conclusões



8 Conclusões

A indústria do vidro, que se enquadra no perfil dos segmentos industriais consumidores de minerais não-metálicos, é ergo-intensivo em gás natural e, em termos relativos à sua matriz energética, consome pouca energia elétrica em seu processo.

A energia elétrica consumida para a produção de vidro se resume, basicamente, ao consumo em motores de acionamento de esteiras transportadoras e iluminação. A iluminação está presente em todas as etapas do processo e, de uma maneira geral, o consumo com iluminação é igualmente distribuído em todas as suas etapas, ocorrendo diferenças somente com relação à área física ocupada por cada etapa. Com relação ao consumo com correias transportadoras, as indústrias produtoras de vidros planos utilizam eletricidade também para aquecimento do estanho do sistema de flutuação. Para ambos os casos essas foram constatadas em medições feitas anteriormente ao desenvolvimento desse trabalho e que podem ser consideradas como referência para esse estudo.

O gás natural passou a ser representativo na matriz energética nacional a partir de meados da década de 1990, quando o consumo total nacional saiu de, aproximadamente, 6,7 bi m³/ano, em 1998, para 22,9 bi/m³, em 2007 (BEN, 2008). Neste período, o consumo do gás natural foi incentivado por meio de ganhos econômicos com o objetivo de obter ganhos ambientais, aliado à diversificação da matriz energética brasileira.

Durante este mesmo período, a indústria vidreira nacional vislumbrou uma oportunidade única para substituir o óleo combustível e/ou o GLP, combustíveis habitualmente utilizados nos fornos de fusão do segmento, por um combustível que proporcionaria aumentos na sua produtividade, aliada à redução de custos e à melhora da qualidade de produto final. Estas vantagens são obtidas, pois, os resíduos resultantes de sua queima são inferiores a outros combustíveis de origem mineral, assim sendo, sua utilização resulta em produtos com menores teores de impurezas, com maior resistência mecânica e menores custos.

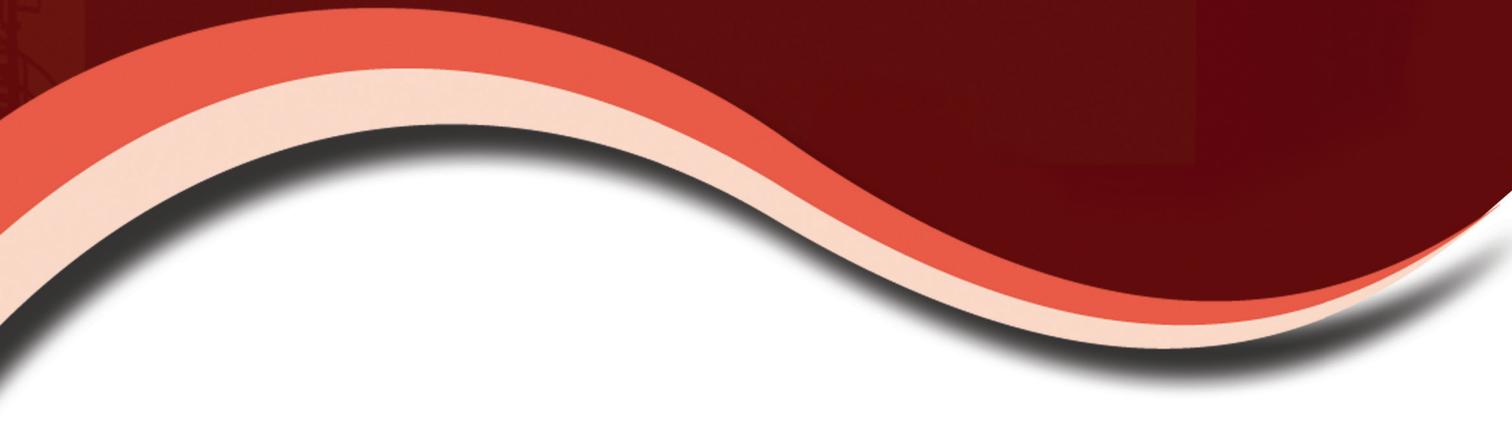
A questão do custo foi uma variável decisiva para a substituição de toda uma infra-estrutura pronta para os combustíveis até então utilizados, para uma nova realidade estrutural que precisava ser preparada para receber o gás natural. No entanto, a avaliação econômica dos investimentos compensava a reestruturação das indústrias. Esta substituição foi realizada com êxito para todos: empresa, governo, comercializadores e, claro, a sociedade como um todo, principalmente pela redução das emissões proporcionada pelo novo combustível. Com isso, atualmente, praticamente não são mais utilizados outros combustíveis, se não o gás natural, nas grandes empresas do setor.

No entanto, o atual cenário de escassez na oferta de gás natural, levou à elevação do seu custo. Com isso, o setor vidreiro se viu em uma situação de instabilidade, com fortes sinais de cortes nos investimentos, tanto é que, atualmente, não existe nenhum projeto de implantação de novas fábricas, ou ampliação do parque existente. A possível escassez do gás natural não é o único e decisivo motivo desta redução dos investimentos no setor, mas com certeza tem seu peso na decisão final dos investidores.

É neste cenário que a eficiência energética se insere e pode assumir um papel de suma importância. O aumento da eficiência no transporte e uso do gás natural (oferta e demanda), pode proporcionar crescimento na produtividade industrial, com redução dos custos finais do produto, possibilitando uma expansão dos projetos de produção, sem que os investidores do setor corram grandes riscos.

É neste contexto que este trabalho se insere, pois, seu propósito será atingido à medida que ele possa indicar o ganho possível de eficiência dos processos, com ganhos da produtividade, auxiliando na decisão de novos investimentos.

Referências



REFERÊNCIAS

ALICEWEB. **Site**. Disponível em: <<http://www.aliceweb.gov.br>>

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO (ABIVIDRO). **Anuário**. São Paulo, 2007.

BAJAY, S. V. et al. **Análise e desenvolvimento de metodologia visando a implementação de projetos de eficiência energética na indústria**: caracterização energética dos setores industriais: relatório técnico do projeto versando sobre. Campinas, SP: Universidade de Campinas, 2008.

BAJAY, S. V.; CARVALHO, E. B.; FERREIRA, A. L. **Relatório técnico final**: parte ii: medidas de conservação de energia e modulação de carga, potenciais de conservação, banco de dados sobre consumo energético e cenário de desenvolvimento setorial com programas institucionais de conservação. Campinas, SP, 1998. 107 p.

BROWN, H. L.; HAMEL, B. B.; HEDMAN, B. A. **Energy analysis of 108 industrial processes**. Philadelphia: Fairmont, 1985.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Anuário estatístico**: setor de transformação de não metálicos. Brasília, 2006.

_____. **Balanco de energia útil**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: mar. 2008.

_____. **Balanco energético nacional 2007**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/seclect_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=4040>. Acesso em: dez. 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2007**. Brasília, 2007.

_____. **Balanco energético nacional 2008**. Brasília, 2008.

CENTRO DE GESTÃO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Estudos prospectivos setoriais e temáticos**: módulo 4: setor: indústria extrativa mineral e minerais não-metálicos: nota técnica. Brasília, 2006.

IBGE. **Site**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Conservação de energia na indústria do vidro**: manual de recomendações. São Paulo, 1983.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy technology perspectives 2006: Scenarios and Strategies to 2050**. Paris, 2006.

_____. **Tracking industrial energy efficiency and co2 emission**. Paris, 2007.

_____. **Worldwide trends in energy use and efficiency**. Paris, 2008.

PILKINGTON. **Site**. Disponível em: < <http://www.pilkington.com/about+pilkington/flat+ glass + industry/default.htm>>

SANTOS. E. M. **Gás natural: estratégias para uma energia nova no Brasil**. Rio de Janeiro: Annablume, 2002.

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

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). Mining Industry Bandwidth Study. **Industrial technologies program**. Washington, 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI

Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

Wagner Cardoso
Gerente de Infra-Estrutura

Equipe Técnica
Francine Costa Vaurof
Rafaella Sales Dias
Rodrigo Sarmento Garcia

Adriana Ribeiro
Produção Editorial

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Renata Lima
Normalização

Consultores
Alvaro Afonso Furtado Leite
Sergio Valdir Bajay
Filipe Debonzi Gorla

Equipe Técnica
ELETOBRAS / 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

