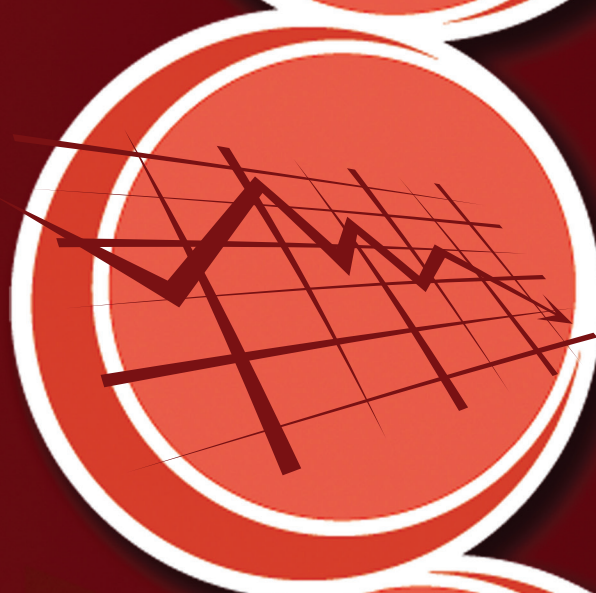


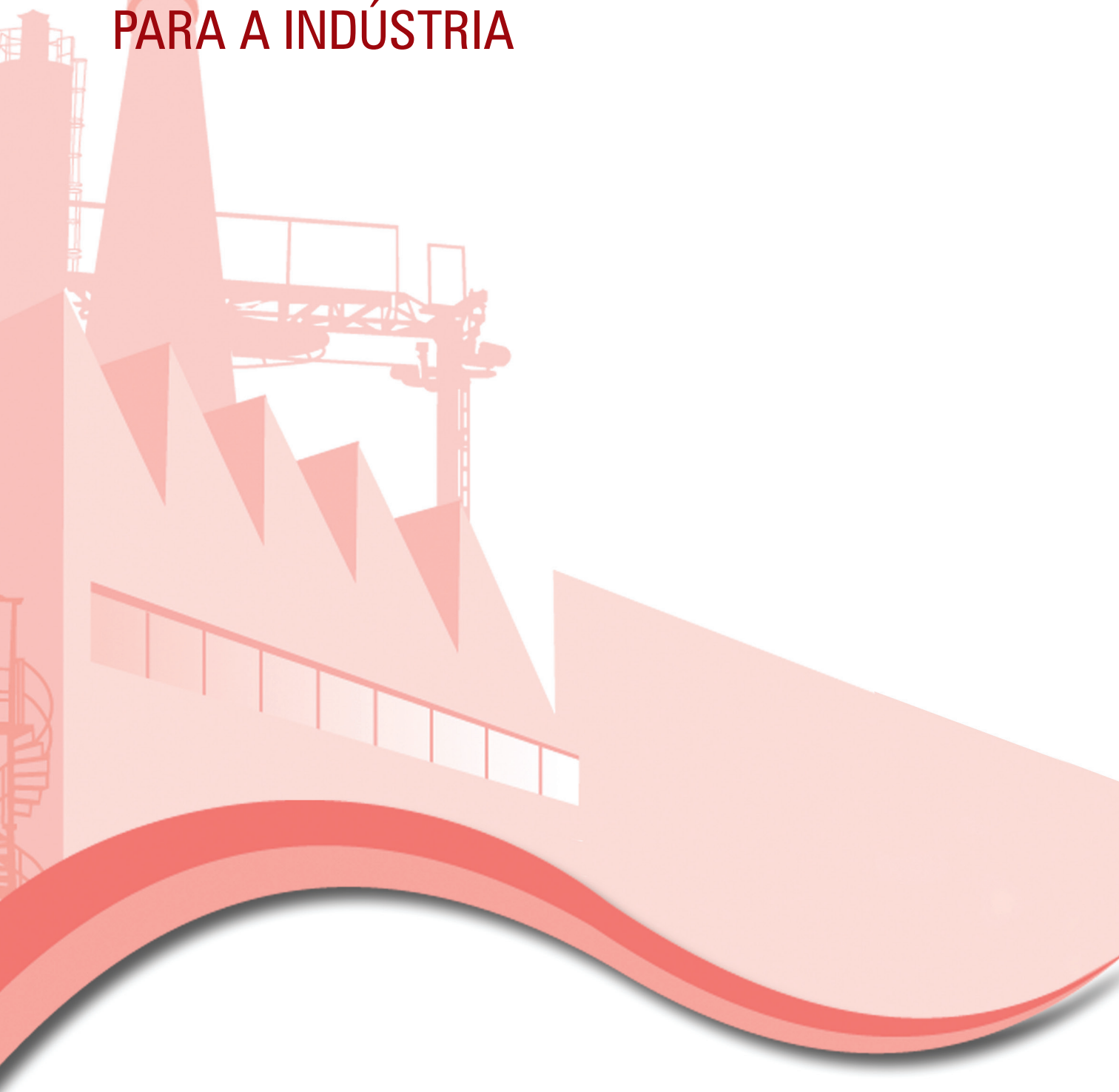
OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A INDÚSTRIA

RELATÓRIO SETORIAL
CAL E GESSO

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

ELETROBRAS

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
CAL E GESSO

SÉRGIO VALDIR BAJAY
PAULO HENRIQUE DE MELLO SANT'ANA

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

B165o

Bajay, Sérgio Valdir

Oportunidades de eficiência energética para a Indústria: relatório setorial: cal e gesso / Sérgio Valdir Bajay coordenador; Paulo Henrique de Mello Sant Ana. – Brasília: CNI, 2010.

42 p.

ISBN 978-85-7957-016-2

1. Eficiência Energética 3. Cal 4. Gesso I. Sant Ana, Paulo Henrique de Mello II. Título III. Título: setor de cal e gesso.

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.eletrobras.com

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

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

procel@eletrobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

LISTA DE FIGURAS

Figura 1

Fluxograma do processo produtivo da cal **16**

Figura 2

Fluxograma do processo produtivo da gipsita e do gesso **18**

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1

Consumidores de Cal no Brasil **15**

Gráfico 2

Parcelas de mercado dos grupos produtores de cal em 2006 **17**

Gráfico 3

Distribuição do uso de gesso no pólo gessífero do Araripe **18**

Gráfico 4

Valor adicionado da indústria de “outros minerais não-metálicos” no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005 **20**

Gráfico 5

Participação percentual da indústria de outros minerais não-metálicos na formação do PIB, de 1996 a 2005 **20**

Gráfico 6

Distribuição da produção nacional de cal em 2006 **22**

Gráfico 7

Consumos específicos da Indústria de cal no mundo **26**

Gráfico 8

Distribuição do consumo de energia térmica da indústria de Cal no Brasil **27**

Gráfico 9

Distribuição da produção de gesso por estados, em 2006 **29**

Gráfico 10

Distribuição do consumo total de energia térmica, responsável por aproximadamente 97% do consumo total de energia do setor **29**

Gráfico 11

Consumo e potencial de conservação de energia na fabricação de cal no Brasil em 2007 **35**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Produção de cal em 2005 em diversos países, em Mt **16**

Tabela 2

Produção, consumo aparente e consumo per capita de cal no Brasil, de 2001 a 2006 **21**

Tabela 3

Produção de cal no Brasil e consumo de energia elétrica e térmica envolvidos nesta produção, de 2001 a 2006 **27**

Tabela 4

Produções de gipsita, gesso e fosfogesso no Brasil, em t, de 2001 a 2006 **28**

Tabela 5

Consumo de energia elétrica e térmica envolvidos na produção de gesso no Brasil, de 2001 a 2006 **30**

Tabela 6

Consumo dos energéticos, em 10^3 tep, envolvidos na produção de outros minerais não metálicos no Brasil, de 2001 a 2006 **31**

Tabela 7

Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) na produção de outros minerais não metálicos no Brasil, de 2001 a 2005 **31**

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABPC: Associação Brasileira dos Produtores de Cal

ANP: Agência Nacional do Petróleo

BEN: Balanço Energético Nacional

CNAE: Classificação Nacional das Atividades Economicas

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

GJ: Giga joules

GWh: Gigawatt-hora

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Kcal: quilocalorias

kWh: quilowatt-hora

PJ: Peta joules

t: toneladas

Tep: toneladas equivalente de petróleo

SUMÁRIO

1 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA 13

1.1 Introdução 14

1.2 Cal 14

1.2.1 Produtos, matéria-prima e produção 14

1.2.2 Etapas do processo produtivo e produtores 16

1.3 Gesso 17

2 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA 19

2.1 Indicadores macroeconômicos 20

2.2 Cal 21

2.3 Gesso 22

3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL 23

3.1 As empresas energo-intensivas, gestão ambiental e eficiência energética 24

4 CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA 25

4.1 Fabricação de cal 26

4.2 Fabricação de gesso 28

4.3 Consumos energéticos e intensidades energéticas da indústria de outros minerais não metálicos como um todo 30

5 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 33

5.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade 34

5.2 Potenciais técnicos de conservação de energia 34

5.3 Potencial de conservação de energia segundo o BEU 35

6 BARREIRAS AO USO RACIONAL DE ENERGIA 37

7 CONCLUSÕES 39

REFERÊNCIAS 41

1 Caracterização Técnica



1 Caracterização Técnica

1.1 Introdução

A classificação da indústria de “outros minerais não-metálicos”, de acordo com a Classificação Nacional das Atividades Econômicas, CNAE, inclui, basicamente, os seguintes produtos: cal, gesso, fibrocimento, trabalhos em pedras, artefatos de concreto e outros. Dentre eles, os mais importantes, tanto sob o aspecto econômico, como de consumo de energia, são a cal e o gesso, cuja caracterização técnica é feita nas seções a seguir.

1.2 Cal

1.2.1 Produtos, matéria-prima e produção

A cal pode ser considerada o produto manufaturado mais antigo da humanidade. Há registros do uso deste produto que datam antes de Cristo. Um exemplo disto é a muralha da China, onde se pode encontrar, em alguns trechos da obra, uma mistura bem compactada de terra argilosa e cal (ABPC, 2007).

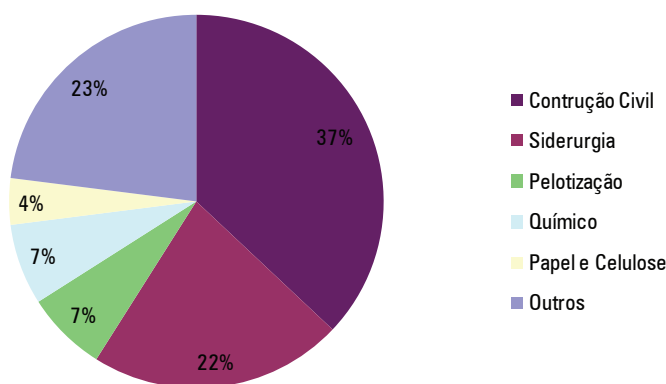
Cal virgem e cal hidratada são produtos de grande versatilidade, presentes, de forma direta ou indireta, em uma infinidade de produtos e processos industriais. Pela sua diversidade de aplicações, a cal está entre os dez produtos de origem mineral de maior consumo no planeta.

A matéria-prima utilizada na produção de cal é basicamente rocha calcárea. A cal virgem resulta da calcinação destas rochas quando aquecidas em fornos com temperaturas superiores a 725°C. Necessita-se de 1,7 a 1,8 t de rocha calcárea para a fabricação de 1 t de cal virgem. Com 1 t de cal virgem obtém-se, aproximadamente, 1,3 t de cal hidratada. A reação de calcinação está indicada a seguir:



A Associação Brasileira dos Produtores de Cal - ABPC estima que o segmento seja constituído por, aproximadamente, 200 fábricas, com a maior parte da capacidade produtiva localizada nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e na região da cidade de Colombo, no Paraná.

De acordo com a ABPC, os maiores consumidores de cal são os setores de construção civil (37%), siderurgia (22%), pelotização (7%), químico (7%) e papel e celulose (4%); vide gráfico 1.



Fonte: abpc, 2007

Gráfico 1
Consumidores de Cal no Brasil (ABPC, 2007)

Na construção civil, a cal é utilizada principalmente na forma hidratada, como componente fundamental no preparo de argamassas de assentamento e de revestimento. É utilizada, também, no preparo de tintas alcalinas, atribuindo à pintura propriedades fungicidas e bactericidas.

Na siderurgia, a cal é empregada como aglomerante na pelotização do minério de ferro e no processo de sinterização, na dessulfuração de gusa, como elemento escorificante, protetor de revestimentos refratários em fornos de aciaria e como lubrificante na trefilaria. O relatório de Siderurgia detalha estes processos.

Na indústria química, é insumo básico na produção de especialidades como carbonato de cálcio precipitado, carbureto de cálcio, óxido de propeno, cloreto de cálcio, hipoclorito de cálcio e vários outros elementos.

Na produção de papel e celulose, a cal virgem é fundamental na causticação¹ do licor negro e como agente redutor de acidez na produção de papéis alcalinos.

A Tabela 1 mostra a produção de cal em diversos países em 2005. De acordo com a ABPC, a produção de cal no Brasil em 2006 ficou acima de 7 milhões de toneladas, mantendo o Brasil como o 5º maior produtor mundial. Deste total, 68% é cal virgem e os outros 32% cal hidratada.

¹ Ato de causticar, colocar a cal para reagir com o licor negro

Tabela 1

Produção de cal em 2005 em diversos países, em Mt.

País/ano	2005
China	25,0
Estados Unidos	20,0
Rússia	8,0
Japão	8,0
Brasil	7,0
Alemanha	6,7
México	5,8
França	3,0
Itália	3,0
Outros	41,5
Total	128,0

Fonte: ABPC

1.2.2 Etapas do processo produtivo e produtores

O fluxo do processo produtivo da cal está ilustrado na Figura 1. Na produção de cal hidratada, obviamente, existe a etapa de hidratação.

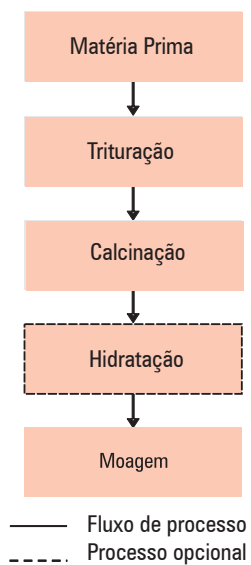


Figura 1

Fluxograma do processo produtivo da cal

A ABPC classifica os produtores de cal em quatro categorias:

Produtor integrado: produz cal virgem e/ou cal hidratada através de instalações industriais próprias - fornos de calcinação, pulverizadores e hidratadores, tendo como matéria-prima a rocha calcária necessariamente extraída de mina própria.

Produtor não integrado: produz cal virgem e/ou cal hidratada por meio de instalações industriais próprias - fornos de calcinação, pulverizadores e hidratadores, tendo como matéria-prima a rocha calcária adquirida de terceiros.

Produtor transformador: realiza a moagem de cal virgem e/ou produz cal hidratada a partir de cal virgem adquirida de terceiros, e utiliza pulverizadores e/ou hidratadores próprios. Também é classificado como Transformador o que produz cal hidratada recuperada a partir do reprocessamento de subprodutos industriais.

Produtor cativo: produz e emprega a cal para uso próprio. Normalmente são as grandes indústrias siderúrgicas.

O gráfico 2 ilustra as parcelas de mercado de cada um desses grupos em 2006.

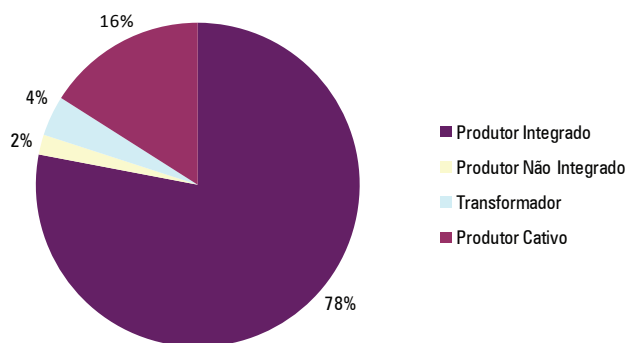


Gráfico 2

Parcelas de mercado dos grupos produtores de cal em 2006

1.3 Gesso

O gesso pode ser encontrado com abundância na natureza, podendo ser utilizado cru (sem ser calcinado), ou processado. Sua fórmula básica é $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Quando calcinado a temperaturas acima de 160°C , o gesso é parcialmente desidratado.

Gesso cru, também conhecido como gipsita, é utilizado pela indústria de cimento na fabricação do cimento Portland (3-5%) e na agricultura. Gesso calcinado é utilizado principalmente na construção civil, como revestimento de paredes, placas, painéis, etc.

A produção de gesso no Brasil é concentrada no pólo gesseiro do Araripe, no Estado de Pernambuco, que possui uma reserva estimada em 1,22 bilhões de toneladas, umas das mais expressivas e importantes do mundo, principalmente considerando o alto teor de pureza do gesso ali encontrado.

Na região do Araripe, que contempla cinco municípios, estão 40 minas ativas de gipsita, ou seja, 80% das minas do País, além de 140 fábricas de gesso calcinado e cerca de 400 fábricas de pré-moldados (SINDUSGESSO, 2007).

Aproximadamente 93% da produção nacional de gesso está localizada no pólo gesseiro de Araripe, no Estado de Pernambuco. De acordo com a Atecel (2006), são muitos os contrastes entre pequenas e médias empresas no pólo gesseiro, no que se refere às tecnologias utilizadas.

Pernambuco produz 1,3 milhões de toneladas de gesso/ano, o que corresponde a 94% da produção nacional, com 61% sendo destinado à fabricação de blocos e placas, 35% para revestimento, 3% para moldes cerâmicos e 1% para outros usos (vide gráfico 3).

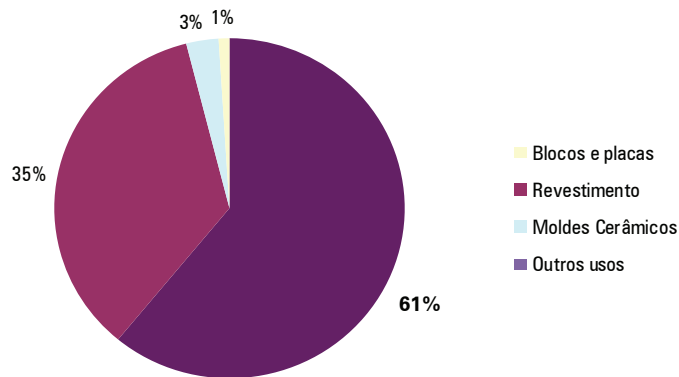


Gráfico 3
Distribuição do uso de gesso no pólo gesseiro do Araripe

O pólo produz, ainda, cerca de 800 mil toneladas de gipsita usada pela indústria de cimento e 200 mil toneladas de gesso agrícola, que vem sendo cada vez mais valorizado pelo agronegócio.

A Figura 2 ilustra o fluxo do processo produtivo do gesso.

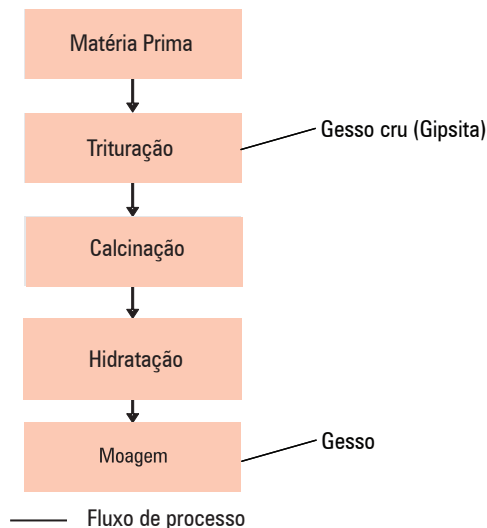


Figura 2
Fluxograma do processo produtivo da gipsita e do gesso

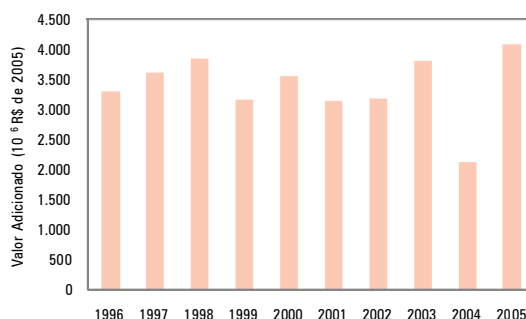
2 Caracterização Econômica



2 Caracterização Econômica

2.1 Indicadores macroeconômicos

O gráfico 4 mostra a evolução, de 1996 a 2005, do Valor Adicionado (VA) da indústria de “outros minerais não-metálicos” no Brasil, em R\$ constantes de 2005. Pode-se observar várias oscilações e um pequeno crescimento médio durante todo o horizonte analisado na tabela. O crescimento médio anual do VA no período 1996 - 2005 foi de 2,39% a.a., quase igual ao crescimento médio do PIB no mesmo período – 2,4% a.a.

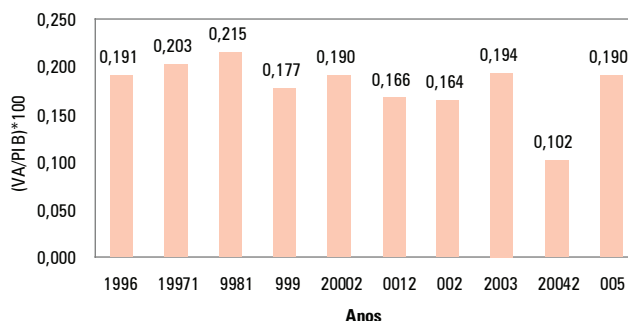


Fonte: Disponível em: <www.ibge.gov.br>

Gráfico 4

Valor adicionado da indústria de “outros minerais não-metálicos” no Brasil, em 10⁶ R\$ de 2005, de 1996 a 2005

O gráfico 5 ilustra como evoluiu, no período 1996-2005, a participação da indústria de outros minerais não-metálicos na formação do PIB nacional. Pode-se notar as oscilações mencionadas anteriormente e uma pequena queda de participação relativa deste segmento industrial no PIB. Esta participação foi de 0,191% em 1996 e caiu para 0,190% em 2005, com uma média, ao longo deste período, de 0,179%.



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE

Gráfico 5

Participação percentual da indústria de outros minerais não-metálicos na formação do PIB, de 1996 a 2005

2.2 Cal

O Brasil posiciona-se em 5º lugar no ranking internacional de fabricantes de cal, com 5,4% da produção mundial. A China lidera com 19% da produção, seguida pelos EUA, com 16%, e Rússia e Japão, com aproximadamente 7% cada (MME, 2007b).

A Tabela 2 apresenta a evolução, de 2001 a 2006, da produção, consumo aparente e consumo per capita de cal no Brasil.

Em 2006 as exportações foram insignificantes, abaixo de US\$ 1 milhão, de modo que o consumo aparente foi equivalente à produção interna.

O segmento é constituído por 200 empresas e fábricas, distribuídas em todo o Brasil: 180 pequenas e mais 20 associadas à Associação Brasileira de Produtores de Cal (ABPC).

Segundo dados publicados pela ABPC (2007), grandes siderúrgicas, que têm na cal um insumo de grande importância, que justifica a produção própria, produziram 1,13 Mt em 2006 (16% da produção); esta parte do mercado é denominada “cativa” pela ABPC.

Tabela 2

Produção, consumo aparente e consumo per capita de cal no Brasil, de 2001 a 2006

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Produção (10 ³ t)	6.300	6.500	6.600	6.500	6.987	7.057
Consumo aparente (10 ³ t)	6.293	6.486	6.600	6.500	6.500	7.057
Consumo per capita (kg/hab)	36,2	36,8	36,9	35,8	37,9	37,5

Fontes: MME, 2006c; MME, 2007b

Descontando-se a produção cativa, tem-se o denominado mercado livre, que alcançou em 2006 a produção de 5,9 Mt (84%). Neste mercado, as empresas associadas à ABCP responderam por 3,6 Mt (61% do mercado livre), correspondendo em 2006 a um faturamento bruto de R\$ 1 bilhão e gerando cerca de 5 mil empregos diretos. O restante do mercado livre produziu 2,3 Mt. Admitindo-se uma proporcionalidade direta com as associadas da ABPC, estima-se um faturamento adicional de R\$ 639 milhões e mais 3,2 mil empregos diretos.

Neste mercado, segundo estimativas da ABPC, a distribuição da produção nacional de cal em 2006 foi: região Sudeste: Minas Gerais com 60,3% e São Paulo com 13,6%; região Sul: Paraná com 13,95%; região Nordeste: 6,4% e outras regiões: 5,8% (ver gráfico 6).

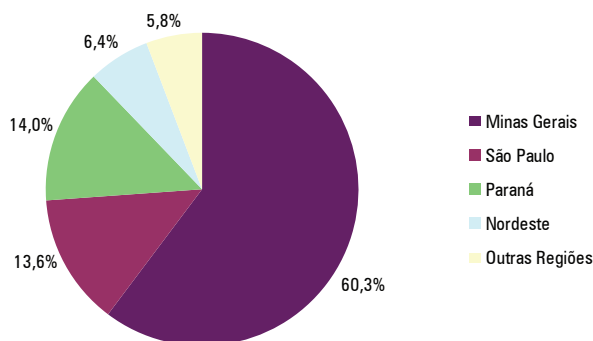


Gráfico 6
Distribuição da produção nacional de cal em 2006

2.3 Gesso

O faturamento anual da indústria de gesso gira em torno de US\$ 300 milhões/ano.

Conforme descrito anteriormente, a produção de gesso no Brasil é concentrada no Estado de Pernambuco, conhecido como Pólo Gesseiro do Araripe.

O Pólo Gesseiro de Pernambuco possui uma reserva estimada em 1,22 bilhões de toneladas, sendo umas das mais expressivas e importantes do mundo, principalmente considerando o alto teor de pureza do gesso.

Na região do Araripe, que contempla cinco municípios, estão 40 minas ativas de gipsita, ou seja, 80% das minas do País, além de 140 fábricas de gesso calcinado e cerca de 400 fábricas de pré-moldados. São mais de 12.800 empregos diretos e 64.000 indiretos (SINDUGESSO, 2007).

Pernambuco produz 1,3 milhões de toneladas/ano, o que corresponde a 94% da produção nacional. Destes, 61% é destinado à fabricação de blocos e placas, 35% para revestimento, 3% para moldes cerâmicos e 1% para outros usos.

O pólo produz, ainda, cerca de 800 mil toneladas de gipsita usada pela indústria de cimento e 200 mil toneladas de gesso agrícola, que vem sendo cada vez mais valorizado pelo agronegócio.

3 Caracterização Ambiental



3 Caracterização Ambiental

Antes da década de 1990, o processo de calcinação para a fabricação de cal tinha a lenha como seu principal combustível. O desmatamento de florestas próximas e a pressão ambiental fizeram com que os resíduos de madeira provenientes de serrarias e indústrias moveleiras começassem a ser utilizados. A indústria da cal no Estado do Paraná atende a aproximadamente 83% de suas necessidades energéticas através de resíduos de madeira, 14% por lenha e 3% através da eletricidade (COPEL, 2005). Não há nenhum programa ambiental coordenado das indústrias de cal; há apenas um programa de qualidade, o “Programa Setorial da Qualidade da Cal Hidratada para a Construção Civil”, coordenado pela Associação Brasileira de Produtores de Cal – ABPC.

No caso do gesso, a principal fonte de energia para os fornos de calcinação tem sido também a lenha, ainda que, recentemente, o coque de petróleo esteja sendo introduzido gradativamente em sua produção. A inviabilidade econômica de se instalar um gasoduto até este pólo gesseiro e o aumento de preços do óleo combustível e do GLP desde o início de 2000 fazem com que a lenha ainda seja a principal fonte de energia, apesar da crescente pressão do órgão ambiental do Estado de Pernambuco para a mudança deste cenário. Outro problema ambiental é com relação à abertura de trincheiras nas minas de gesso, que poderia ser mitigado através de uma cobertura estéril colocada após a exploração (SINDUSGESSO, 2007). Com relação à poluição interna da fábrica, o índice de suspensão de particulados em calcinadoras sem filtro é enorme, podendo prejudicar a saúde dos trabalhadores (ATECEL, 2006).

3.1 As empresas energo-intensivas, gestão ambiental e eficiência energética

Conforme foi possível desprender das descrições apresentadas nas seções anteriores deste relatório, a maior parte dos segmentos industriais energo-intensivos analisados no projeto tem tido algum tipo de envolvimento com programas de gestão ambiental, frequentemente contemplando certificações ambientais voluntárias do tipo da série ISO 14.000.

O grau de envolvimento varia muito conforme o segmento industrial e o porte das plantas. Nas menores este envolvimento tende a ser menor, ou, até, nulo. Há programas de gestão ambiental muito bem elaborados nas indústrias de celulose e papel, química e de metais não-ferrosos. Em geral não há articulações destes programas no âmbito setorial; a indústria química, através da Abiquim, é uma exceção.

A utilização de medidas de eficiência energética de uma forma sistemática nestes programas é ainda rara no Brasil, ao contrário do que se verifica em muitos segmentos congêneres no exterior. Há uma iniciativa, muito tímida ainda, da Abiquim neste sentido na indústria química.

Reside aqui uma ótima oportunidade para a Confederação Nacional da Indústria se articular com as principais associações setoriais dos segmentos industriais energo-intensivos para tornar esta prática, já consolidada em diversos países, uma realidade também no Brasil.

4 Caracterização Energética



4 Caracterização Energética

4.1 Fabricação de Cal

Existem dois tipos de cal: a cal virgem e a cal hidratada. Conforme descrito na etapa de caracterização técnica, as etapas envolvidas em sua fabricação são: trituração, calcinação, hidratação e moagem (Bajay et alii, 2008a). A etapa de calcinação requer aquecimento direto, que tem sido propiciado principalmente pelos seguintes combustíveis: coque de petróleo, gás natural, óleo combustível, lenha/resíduos da madeira e moinha de carvão (MME, 2007b). As outras etapas requerem, essencialmente, força motriz, provida por energia elétrica.

A produção de cal virgem é realizada em fornos verticais (60% da produção) e rotativos (40%). Segundo informações da Associação Brasileira de Produtores de Cal (ABPC), compiladas pelo MME (2007b), o consumo energético específico total envolvido na fabricação de cal no Brasil é de 0,104 tep/t, ou 4,35 GJ/t, e o consumo específico de eletricidade é 15 kWh/t, que corresponde a 0,054 GJ/t, ou 0,00129 tep/t. Isto significa que o consumo específico de combustíveis é de 4,296 GJ/t, ou 0,1027 tep/t.

Como base de comparação, o consumo energético específico total varia de 3,6 a 7,5 GJ/t na indústria de cal da União Européia e a média canadense é de 7,2 GJ/t, valor este também encontrado na fabricação de cal em plantas de celulose nos EUA. O consumo específico médio de combustíveis na produção de cal na China é de 4,5 GJ/t (IEA, 2007). Logo, percebe-se que a indústria brasileira de cal é relativamente eficiente, em termos de consumo energético, embora haja campo para melhorias. O gráfico 7: ilustra esta situação.

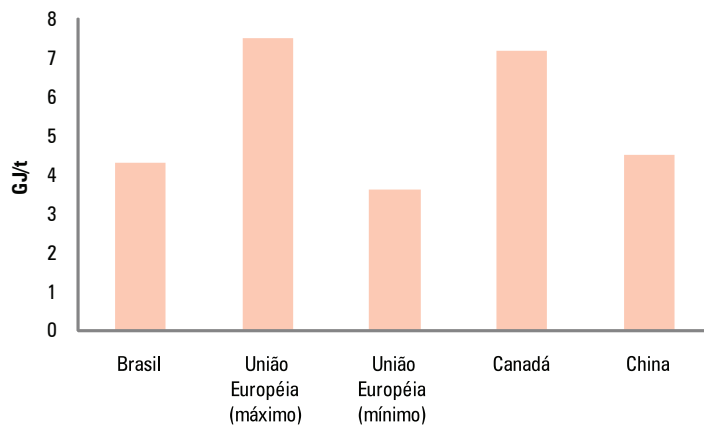


Gráfico 7

Consumos Específicos da Indústria de Cal no mundo

Ainda segundo a ABCP, a distribuição aproximada do consumo de energia térmica entre os diversos combustíveis consumidos no setor é a seguinte: coque de petróleo – 30%, gás natural – 20%, óleo combustível – 20%, lenha e resíduos da madeira – 20% e moinha de carvão mineral – 10% (MME, 2007b).

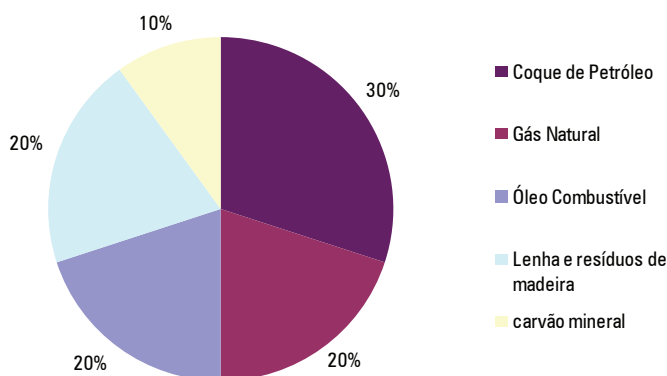


Gráfico 8

Distribuição do consumo de energia térmica da indústria de Cal no Brasil (MME, 2007b)

No entanto, segundo o banco de dados municipais da ANP de consumo de derivados de petróleo, o consumo total de óleo combustível envolvido na fabricação de outros minerais não metálicos é inferior ao obtido aplicando a porcentagem sugerida pela ABCP. Logo, assumiu-se, neste trabalho, que a parcela de mercado combinada do coque de petróleo, principal competidor do óleo combustível na produção de cal, e do óleo combustível é de 50%. As parcelas de mercado dos outros combustíveis, sugeridas pela ABCP, não foram alteradas aqui.

Aplicando os consumos energéticos específicos estimados pela ABPC aos dados de produção já apresentados no relatório de caracterização econômica dos setores industriais (Bajay et alii, 2007b) e utilizando os coeficientes de distribuição entre os combustíveis utilizados nesta indústria, chega-se às estimativas de consumo energético anual, de 2001 a 2006, apresentadas na tabela 3.

Tabela 3

Produção de cal no Brasil e consumo de energia elétrica e térmica envolvidos nesta produção, de 2001 a 2006

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Produção (10 ³ t)	6.300	6.500	6.600	6.500	6.987	7.057
Consumo de energia elétrica (10 ³ tep)	8,13	8,38	8,51	8,38	9,01	9,10
Consumo de energia térmica (10 ³ tep)	647	667	677	667	717	724
Coque de petróleo e óleo combustível (10 ³ tep)	323	333	338	333	358	362
Gás natural (10 ³ tep)	129	133	135	133	143	144
Lenha e resíduos da madeira (10 ³ tep)	129	133	135	133	143	144
Moinha de carvão mineral (10 ³ tep)	64	66	67	66	71	72

Fontes: Elaboração própria com dados de (MME, 2006c; MME, 2007b)

O Estado do Paraná, através de seu balanço energético estadual, publica anualmente a matriz energética da indústria de cal. Os resíduos de madeira neste Estado representaram, em 2004, aproximadamente 83% da matriz energética da indústria de cal, 14% foram supridos pela lenha e 3% pela eletricidade (COPEL, 2005).

4.2 Fabricação de gesso

A cadeia produtiva do gesso envolve as atividades de mineração da gipsita, calcinação do minério para a obtenção do gesso e fabricação de artefatos. Mais adiante, nesta seção, são apresentadas estimativas dos consumos energéticos envolvidos nas etapas de calcinação e fabricação de artefatos, já que o consumo de energia associado à atividade de mineração estão computados na indústria extrativa mineral.

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), as reservas brasileiras de gipsita em 2005 eram de 1.582.248 toneladas. Dos 98% destas reservas, estão concentradas na Bahia (43%), no Pará (30%) e em Pernambuco (25%), ficando o resto (2%) distribuído, em ordem decrescente, entre o Maranhão, Ceará, Piauí, Tocantins e Amazonas. A porção das reservas que apresenta melhores condições de aproveitamento econômico está situada na Bacia do Araripe, região de fronteira dos Estados do Piauí, Ceará e Pernambuco, com destaque para as deste último (LYRA SOBRINHO; AMARAL; DANTAS, 2007).

A Tabela 4 apresenta a evolução, de 2001 a 2006, das produções nacionais de gipsita, gesso e fosfogesso. Algumas fábricas de cimento das regiões Sul e Sudeste utilizam, como substituto da gipsita, o fosfogesso que é gerado como subproduto no processo de obtenção do ácido fosfórico nas indústrias de fertilizantes fosfatados. Os principais produtores de fosfogesso são a Bunge Fertilizantes S.A., Coperbras Ltda., Fosfértil – Fertilizantes Fosfatados S.A. e Ultrafértil S.A.

Tabela 4

Produções de gipsita, gesso e fosfogesso no Brasil, em t, de 2001 a 2006

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Gipsita (ROM)	1.506.619	1.633.311	1.529.015	1.474.911	1.582.248	1.737.220
Gesso	883.509	714.517	718.920	640.482	731.921	881.052
Fosfogesso	3.926.000	n.d.	n.d.	8.668.000	8.216.000	n.d.

n.d.: dado indisponível

Fontes: Elaboração própria com dados de (LYRA SOBRINHO; AMARAL; DANTAS, 2007; 2005; 2003)

Em 2006 a produção nacional de gesso cresceu cerca de 20% em relação ao ano anterior. Este desempenho pode ser explicado pela produção e vendas, tanto das três empresas transnacionais que operam neste segmento industrial (Lafarge Gypsum, Knauf e Placo do Brasil Ltda), com seus produtos dirigidos para as classes A e B, quanto das pequenas e médias calcinadoras e fabricantes de artefatos de gesso do Pólo Gesseiro de Araripe, no Estado de Pernambuco. Este, que além das 28 minas em produção, abrange cerca de 100 calcinadoras e, aproximadamente, 300 pequenas unidades produtoras de artefatos, é também o principal produtor nacional de gesso, participando, em 2006, com 761.358 t (86,4% da produção nacional); há produção também em São Paulo (40.114 t, 4,5% da produção nacional), no Rio de Janeiro (37.963 t, 4,3% da produção total), Ceará (32.967 t, 3,7% do total) e Tocantins (7.930 t, 0,9% do total) (LYRA SOBRINHO; AMARAL; DANTAS, 2007). O gráfico 9 ilustra a distribuição da produção de gesso por Estados no ano de 2006.

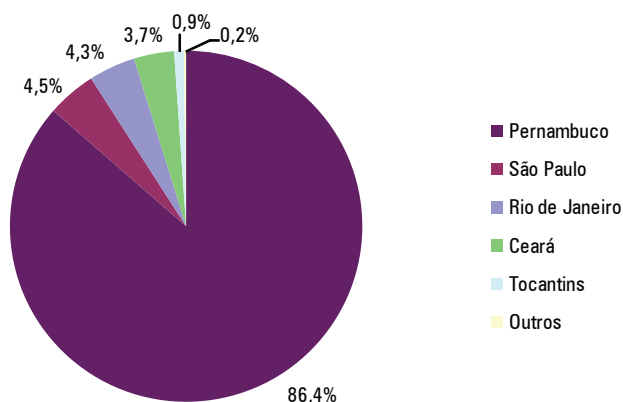


Gráfico 9

Distribuição da produção de gesso por estados, em 2006

A Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior (Atecel) elaborou, em junho de 2006, um diagnóstico energético das empresas do Pólo Gesseiro de Araripe. Neste diagnóstico, com base em uma amostra representativa das empresas que calcinam gipsita e fabricam artefatos de gesso, estimou-se um consumo específico médio de eletricidade de 0,000559 tep/t de gesso, e um consumo específico médio de energia térmica de 0,016671 tep/t de gesso, ou seja, 96,7% do consumo total de energia na fabricação de gesso correspondem ao consumo de energia térmica. Neste mesmo levantamento, constatou-se a distribuição do consumo total de energia térmica entre os seguintes combustíveis: lenha – 78,7%, coque – 11,3%, óleo combustível (BPF) – 8,3%, óleo residual – 1,4% e óleo diesel – 0,3%. O consumo de energia térmica acontece somente na etapa de calcinação, enquanto que ocorre consumo de eletricidade tanto na calcinação como na fabricação de artefatos de gesso (ATECEL, 2006).

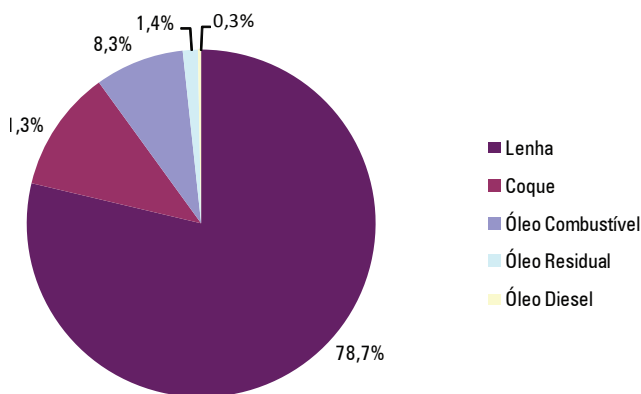


Gráfico 10

Distribuição do consumo total de energia térmica, responsável por aproximadamente 97% do consumo total de energia do setor

Multiplicando os consumos energéticos específicos levantados pela Atecel pelos dados de produção de gesso apresentados na Tabela 3 e utilizando os coeficientes de distribuição entre os combustíveis obtidos neste mesmo levantamento, chega-se às estimativas de consumo energético anual, de 2001 a 2006, apresentadas na Tabela 4.

As deficiências da logística de transporte e a indisponibilidade de um energético que substitua a lenha da caatinga na calcinação são os maiores empecilhos ao desenvolvimento do Pólo Gesseiro de Araripe. Existe uma forte pressão política para que o pólo tenha acesso a gás natural, o que não ocorreu até agora por conta do pólo estar muito distante da rede de gás (cerca de 600 km).

4.3 Consumos energéticos e intensidades energéticas da indústria de outros minerais não metálicos como um todo

A Tabela 5 mostra a evolução dos consumos energéticos da categoria “outros minerais não metálicos”, no período de 2001 a 2006. O consumo de óleo combustível, de óleo diesel e de GLP provém da base de dados municipais de consumo de derivados de petróleo da ANP, enquanto que o consumo dos demais energéticos foi obtido através da soma do consumo destes energéticos na fabricação de cal e de gesso. Evidentemente, estes últimos estão subestimados, pois não se está levando em conta, por falta de informações, o seu consumo na produção dos demais produtos desta categoria industrial.

Tabela 5

Consumo de energia elétrica e térmica envolvidos na produção de gesso no Brasil, de 2001 a 2006

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Consumo de energia elétrica (10 ³ tep)	0,494	0,399	0,402	0,358	0,409	0,492
Consumo de energia térmica (10 ³ tep)	14,729	11,912	11,985	10,677	12,202	14,69
Lenha (10 ³ tep)	11,591	9,374	9,432	8,403	9,603	11,559
Coque (10 ³ tep)	1,664	1,346	1,354	1,206	1,379	1,660
Óleo combustível (10 ³ tep)	1,222	0,989	0,995	0,886	1,013	1,219
Óleo residual (10 ³ tep)	0,206	0,167	0,168	0,149	0,171	0,206
Óleo diesel (10 ³ tep)	0,044	0,036	0,036	0,032	0,037	0,044

Fontes: Elaboração própria com dados de (LYRA SOBRINHO; AMARAL; DANTAS, 2007; 2005; 2003; ATECEL, 2006)

Tabela 6

Consumo dos energéticos, em 10³ tep, envolvidos na produção de outros minerais não metálicos no Brasil, de 2001 a 2006

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Coque de petróleo	261,23	288,45	309,91	307,80	338,07	340,28
Lenha e resíduos da madeira	140,99	142,88	144,99	141,91	153,11	156,51
Gás natural	129,40	133,51	135,56	133,51	143,51	144,95
Moinha de carvão mineral	64,70	66,75	67,78	66,75	71,76	72,47
Óleo combustível	63,93	46,67	30,35	27,18	22,09	23,75
Óleo diesel	20,91	15,88	20,28	21,65	23,92	n.d.
Eletricidade	8,62	8,78	8,91	8,74	9,42	9,59
GLP	5,19	4,64	7,15	9,73	8,89	n.d.
Óleo residual	0,21	0,17	0,17	0,15	0,17	0,206
Total	695,18	707,73	725,10	717,42	770,94	-

n.d.: dado indisponível

Fontes: Elaboração própria com dados de (LYRA SOBRINHO; AMARAL; DANTAS, 2007; 2005; 2003; ATECEL, 2006) e da ANP

Pode-se observar, na Tabela 6, o consumo energético total crescente, exceto de 2004, neste ramo industrial. O seu principal insumo energético é o coque de petróleo, responsável por 43,8% do consumo energético total em 2005, que vem substituindo o óleo combustível durante praticamente todo o período analisado na Tabela. Com menor intensidade, o gás natural também contribuiu, neste período, para a substituição do óleo combustível. Este ramo industrial foi responsável por 1% do consumo energético total da indústria brasileira em 2005.

A Tabela 7 mostra a evolução do valor adicionado, do consumo de energia elétrica e energia térmica e das intensidades elétrica e de energia térmica da indústria de outros minerais não metálicos no País, durante o período de 2001 a 2005.

Tanto a intensidade elétrica como a de energia térmica oscilaram durante o período analisado, mas apresentaram uma tendência de queda.

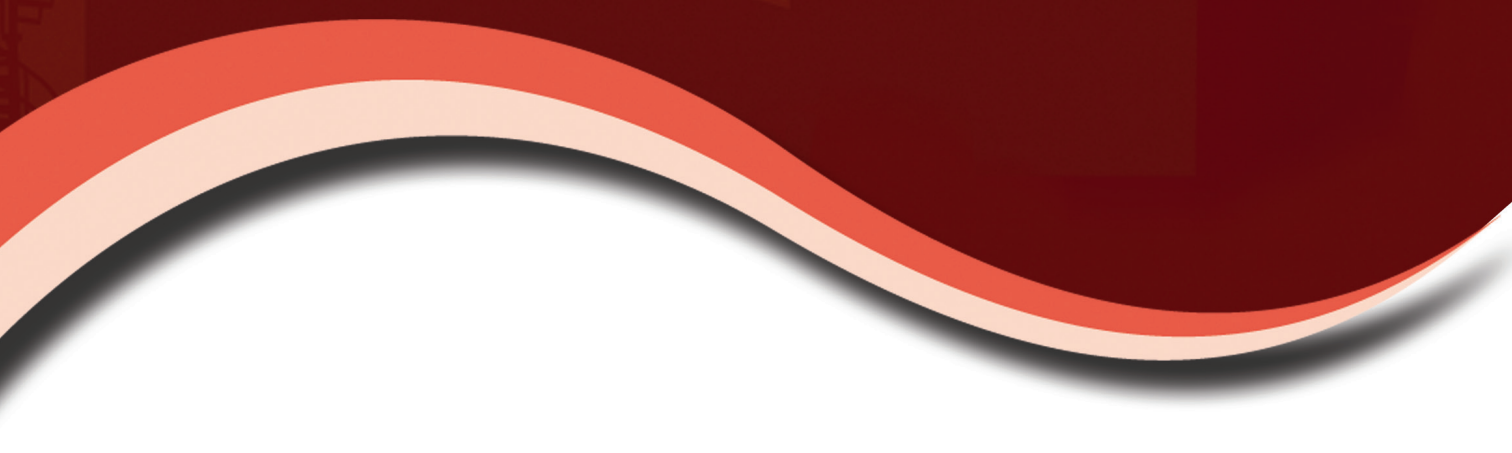
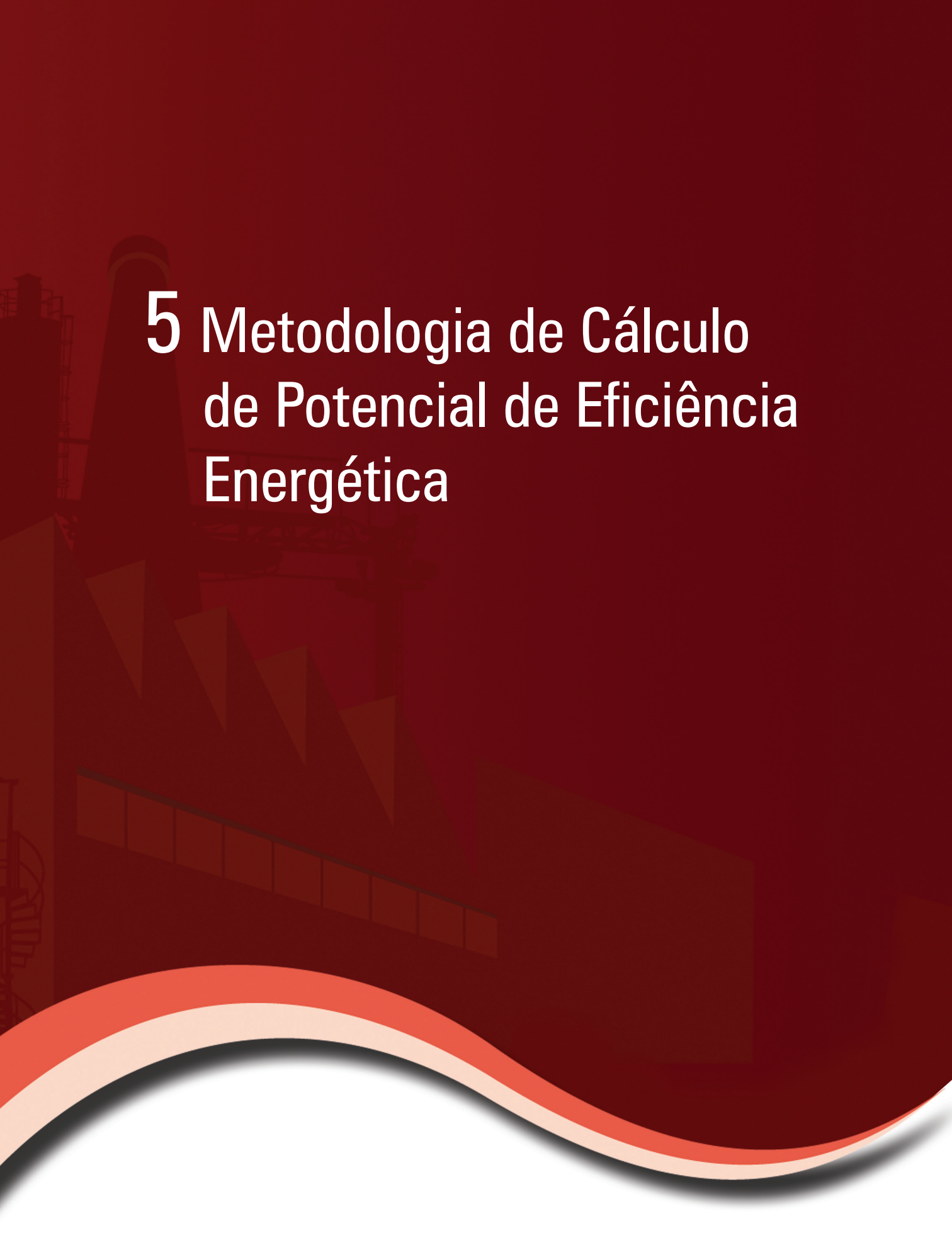
Tabela 7

Valor adicionado (VA), consumo de eletricidade (CEL), intensidade elétrica (IEL), consumo de energia térmica (CET) e intensidade de energia térmica (IET) na produção de outros minerais não metálicos no Brasil, de 2001 a 2005

	2001	2002	2003	2004	2005
VA (10 ⁶ R\$ de 2005)	3.156	3.195	3.817	2.130	4.088
CEL (MWh)	100.251	102.111	103.623	101.646	109.555
IEL (MWh/(10 ⁶ R\$ de 2005))	31,8	32,0	27,1	47,7	26,8
CET (tep)	686.560	698.950	716.190	708.680	761.520
IET (tep/(10 ⁶ R\$ de 2005))	217	219	188	333	186

Fonte: Elaboração própria com dados de (LYRA SOBRINHO; AMARAL; DANTAS, 2007; 2005; 2003; ATECEL, 2006), da ANP. Disponível em: <www.ibge.gov.br>.

5 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência Energética



5 Metodologia de Cálculo de Potencial de Eficiência energética

Estima-se que a troca de antigos fornos de cal na China por modelos maiores e mais eficientes possa trazer uma economia de energia na fabricação deste produto de até 21% (IEA, 2007).

As seções abaixo detalham melhor esta questão, bem como as barreiras de mercado existentes. Os processos de calcinação (gesso e cal) são os grandes consumidores de energia, e também os grandes potenciais existentes de conservação em ambos os setores.

A falta de informações do setor de gesso não permitiu que a análise fosse efetuada para este setor.

5.1 Consumos específicos de energia térmica e eletricidade

A produção de cal, no Brasil, em 2007 foi de 7.390.000 toneladas, segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Cal – ABPC (MME, 2008c). O uso final da energia térmica se dá essencialmente em fornos. Cerca de 60% da produção nacional de cal provém de fornos verticais e os 40% restantes de fornos rotativos. O uso final da energia elétrica é predominantemente a força motriz.

Foram consultados, neste trabalho, os balanços energéticos de cinco calcinadoras de quatro usinas siderúrgicas no País: a ArcelorMittal Tubarão, a Usiminas, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a Gerdau – Açominas (ABM, 2007; ABM, 2008). Juntas, elas produziram 1.385.939,7 t de cal em 2007. A partir dos dados destes balanços, foram calculados um consumo específico médio de energia térmica de 0,093 tep/t e um consumo específico médio de energia elétrica de 0,0105 tep/t.

A ABPC (MME, 2008c) estimou um consumo específico médio de energia térmica de 0,1026 tep/t em 2007, que está aderente com o verificado nas calcinadoras das usinas siderúrgicas, e um consumo específico médio de energia elétrica de 0,0013 tep/t naquele ano, que está muito abaixo dos valores observados nas calcinadoras supra-citadas e nas instalações mais eficientes no exterior (IEA, 2007).

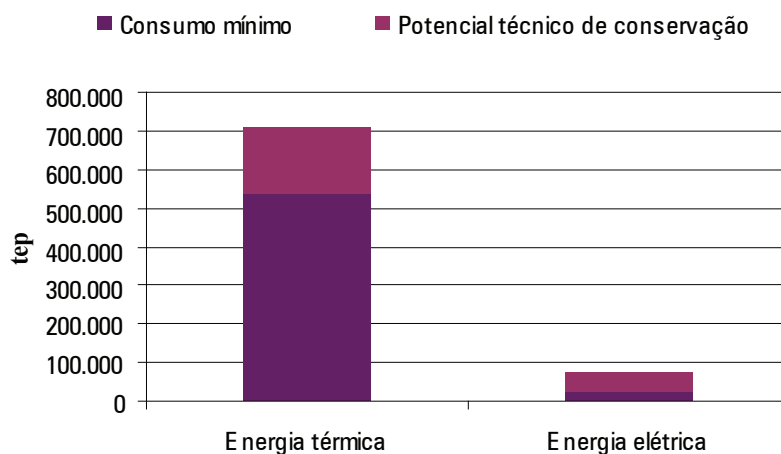
Decidiu-se, então, calcular a média ponderada dos dois valores disponíveis de consumo específico médio de energia térmica, resultando o valor de 0,1008 tep/t, e adotar o consumo específico médio de energia elétrica calculado para as calcinadoras das usinas siderúrgicas, como representativo de todo o universo das calcinadoras no País.

A tecnologia mais eficiente (Best Available Technology – BAT) no consumo de energia térmica é a empregada na calcinadora da CSN. Seu consumo específico de energia térmica – 0,0704 tep/t – é inferior ao verificado nas melhores calcinadoras na União Européia – 0,086 tep/t. O consumo específico de energia elétrica correspondente ao BAT, no exterior, é de 0,0034 tep/t (IEA, 2007).

5.2 Potenciais técnicos de conservação de energia

O potencial técnico de conservação de energia térmica calculado neste trabalho é de 172.191 tep, enquanto que o de energia elétrica é de 50.105 tep. Logo, o potencial técnico total de conservação de energia na produção de cal no País é de 222.296 tep. Esses resultados podem ser visualizados no gráfico 11.

O potencial técnico total de conservação de energia dos produtos aqui analisados, como porcentagem de seu consumo energético, é de 28,3%.

**Gráfico 11**

Consumo e potencial de conservação de energia na fabricação de cal no Brasil em 2007

5.3 Potencial de conservação de energia segundo o BEU

A indústria de cal não é representada individualmente no BEU, não foi possível, por consequência, estabelecer comparações entre potenciais técnicos.

6 Barreiras ao uso racional de energia



6 Barreiras ao uso racional de energia

No Brasil, a indústria de cal é de grande porte e guarda semelhanças com a indústria de cimento. Diferentemente de países como a China, por exemplo, o tamanho médio das plantas é grande, o que propicia ganhos de eficiência energética devido à considerável escala de produção. O segmento industrial é energo-intensivo, mas não é eletro-intensivo, ou seja, há significativo consumo de energia térmica.

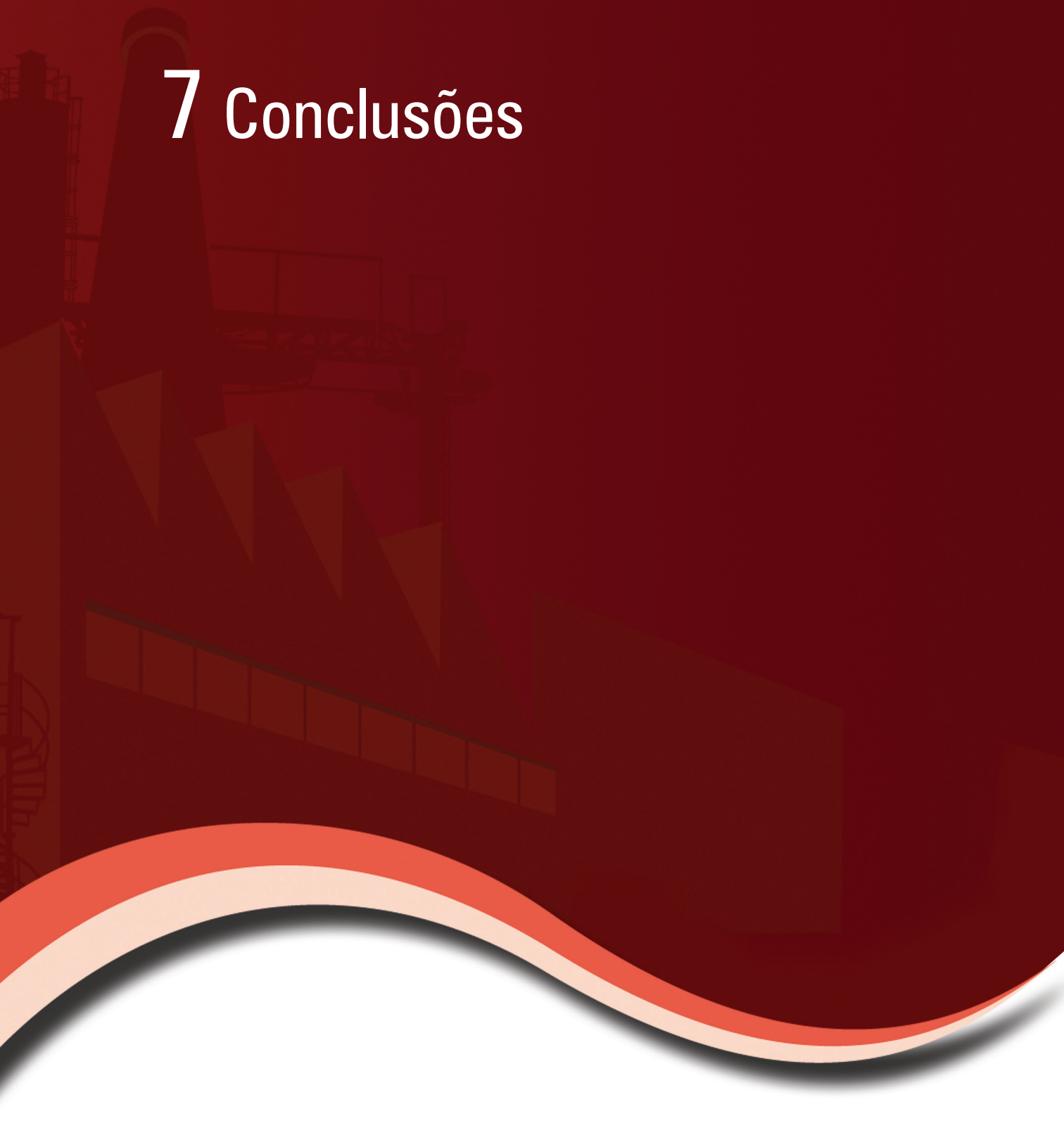
As melhores oportunidades de aumento da eficiência residem na recuperação dos gases de exaustão dos fornos, cuja prática já é comum no País. Devido ao porte das empresas instaladas, a assimetria de informação não é uma barreira.

No contato com representantes do setor foram identificadas as seguintes barreiras para o aumento da eficiência energética:

- **Custo de capital:** por exemplo, fornos ineficientes estão em operação. A vida útil de fornos de cal é grande e os investimentos necessários à substituição são significativos. O mais comum são adaptações nos fornos existentes para aumentar a eficiência energética e vida útil dos equipamentos. Entretanto, nesses casos a eficiência resultante é geralmente menor do que a de fornos novos.
- **Substituição de combustíveis:** neste segmento industrial há significativo uso de lenha e de resíduos de madeira, que são usados com menor eficiência do que o óleo combustível e o gás natural. Nesse caso, a barreira é o preço dos combustíveis, já que a lenha e os resíduos de madeira são mais baratos.

No caso do setor de gesso, as barreiras podem ser consideradas semelhantes em indústrias de médio e grande porte.

7 Conclusões



7 Conclusões

Tanto na indústria de cal como a de gesso, o equipamento que consome mais energia é o forno de calcinação. Este equipamento é também o que possui o maior potencial de conservação.

No geral, a indústria da cal no país pode ser considerada eficiente, quando comparado a outros países do mundo. O potencial de eficiência energética deste setor reside na troca de fornos antigos por fornos mais eficientes e na adoção de ferramentas de monitoramento e dimensionamento dos equipamentos de combustão. Conforme descrito em seções anteriores, o potencial técnico calculado para a indústria da cal no Brasil foi de 222.296 tep, 172.191 tep de energia térmica e 50.105 tep de energia elétrica. O potencial técnico-econômico e de mercado poderia se aproximar ao potencial técnico, caso políticas públicas fossem elaboradas para o setor, tais como incentivos fiscais, creditícios, capacitação profissional, disseminação de informações, dentre outros.

No caso da indústria de gesso, não foi efetuada análise quantitativa semelhante à da indústria da cal, porque não foi possível obter os dados necessários para os cálculos.

Referências



Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Tabelas de consumos de derivados de petróleo por município**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CAL (ABPC). **Site**. Disponível em: <<http://www.abpc.org.br/>>.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ERNESTO LUIZ DE OLIVEIRA JÚNIOR (ATECEL). **Diagnóstico energético do setor industrial do pólo gesso da Meso Região de Araripina – PE**. Campina Grande, PB, 2006

BAJAY, S. V. et. al. **Análise e desenvolvimento de metodologia visando a implementação de projetos de eficiência energética na indústria**. Brasília, 2008. Em elaboração.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco de energia útil**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: mar. 2008.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Balanco energético do Paraná: 2005 ano base 2004**. Disponível em: <www.copel.com>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Industrial**. Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p.1-286, 2004.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO GESSO (SINDUGESSO). **Site**. Disponível em: <www.sindugesso.org.br>.

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
Sérgio Bajay
Filipe Debonzi Gorla

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

