SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO
DE UMA ESTRATÉGIA INDUSTRIAL BRASILEIRA
PARA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO

Caderno 3

Nota Técnica Cimento

© 2012 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI
Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
GVces - Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade

Supervisão
Alexandre Comin – MDIC
Maria Luisa Campos Machado Leal - ABDI

Equipe Técnica da ABDI
Carla Naves – Gerente
Claudionel Campos Leite – Coordenador
Cássio Marx Rabello Da Costa - Especialista
Adriana Torres - Assistente Projetos
Willian Cecílio de Souza - Assistente Projetos

Coordenadora Geral
Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos

Gerência de Comunicação ABDI
Oswaldo Buarim Junior

Supervisão da Publicação
Joana Wightman
Coordenadora de Comunicação

Equipe Técnica MDIC
Demétrio Florentino de Toledo Filho Assistente Técnico

Equipe Técnica FGV
Mario Monzoni
Guarany Osório
Alexandre Gross
Beatriz Kiss
Gabriel Pinheiro Lima
Gustavo Velloso Breviglieri
Mariana Bartolomei
Pedro Canelas

Consultor
Miguel Edgard Morales Udaeta
Tatiana Magalhães Gerosa

Revisão de texto
GVces - Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Setor Bancário Norte Quadra 1 – Bloco B – Ed. CNC
70041-902 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3962-8700
www.abdi.com.br

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Esplanada dos Ministérios, Bloco "J"
70053-900 - Brasília, DF,
Tel.: (61) 2027-7000
www.desenvolvimento.gov.br

FGV - Fundação Getúlio Vargas – Centro de Estudos em Sustentabilidade - GVces
Av. 9 de Julho, 2029 - Bela Vista
01313-902 – São Paulo - SP
Tel.: (11) 3799-7777
www.fgv.br

República Federativa do Brasil
Dilma Rousseff
Presidenta

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Fernando Damata Pimentel
Ministro

Heloísa Guimarães Menezes
Secretária de Desenvolvimento da Produção do MDIC

Alexandre Comin
Diretor do Departamento de Competitividade Indústria da Secretaria de Desenvolvimento da Produção

Beatriz Martins Carneiro
Coordenadora-Geral de Análise da Competitividade e Desenvolvimento Sustentável

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Mauro Borges Lemos
Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal
Otávio Silva Camargo
Diretores

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos

Claudionel Campos Leite
Coordenador do Complexo de Eletrônica

Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV/EAESP
Mario Monzoni
Coordenador Geral do GVces

Guarany Osório
Coordenador do Programa Política e Economia Ambiental - Centro de Estudos em Sustentabilidade - GVces

APRESENTAÇÃO

É cada vez maior a responsabilidade de todos os países para redução de gases de efeito estufa (GEE). O Brasil assumiu essa responsabilidade ao aprovar a Lei 12.187/2009, que trata da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), comprometendo realizar um conjunto de ações governamentais e setoriais visando à mitigação e a adaptação aos efeitos da mudança do clima.

A partir da Conferência de Copenhague, Dinamarca, realizada em dezembro 2009, o Brasil estabeleceu cinco segmentos em que atuará para diminuir a emissão de GEE: redução do desmatamento da Amazônia e também do Cerrado; investimento em energia limpa, como os biocombustíveis; substituição da produção de carvão original de desmatamento por carvão de florestas plantadas, e a utilização do plantio indireto na agricultura. Com isso, espera-se que o país reduza entre 36,1% e 38,9% da sua emissão de gases de efeito estufa até 2020.

Com a PNMC deu-se início à elaboração de Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima, regulamentados pelo Decreto nº 7.390/2010. Em 2011 foi determinada a elaboração dos seguintes Planos Setoriais: Indústria; Mineração; Transporte e Mobilidade Urbana; e Saúde. Esses planos, bem como os elaborados anteriormente, subsidiarão a revisão do Plano Nacional de Mudança do Clima de 2012.

O Plano Setorial de Reduções de Emissão da Indústria (Plano Indústria) é de responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC e abrange a Indústria de Transformação, Bens de Consumo Duráveis, Química Fina, Base, Papel e Celulose e Construção Civil.

O objetivo do Plano Indústria é preparar a indústria nacional para o novo cenário que já se desenha, em que a produtividade-carbono, que equivale a intensidade de emissões de gases

de efeito estufa por unidade de produto, será tão importante quanto a produtividade do trabalho e dos demais fatores para definir a competitividade internacional da economia.

O Plano Indústria adotou como referência a meta de redução de emissões de processos industriais e uso de energia de 5% em relação ao cenário tendencial (Business As Usual) projetado para 2020.

Considerando que, tanto no que se refere às emissões diretas quanto aquelas oriundas do Subsetor Energético, poucos setores industriais concentram a maior parte de emissões de GEE. O Plano Indústria propõe que, numa primeira fase, os setores que são responsáveis pela maior parte das emissões sejam focalizados de forma particular.

Com isso, e considerando ainda o estabelecido na Lei 12.187/2009, foi proposto incluir inicialmente os seguintes setores:

- *Alumínio*
- *Cal*
- *Cimento*
- *Ferro-gusa e aço*
- *Papel e celulose*
- *Química*
- *Vidro*

Em conjunto, esses setores foram responsáveis, em 2005, por quase 90% das emissões diretas de GEE da Indústria de Transformação e por mais da metade das emissões derivadas da queima de combustíveis fósseis na indústria. Em 2009, o peso destes setores no Valor Bruto da Produção industrial foi de aproximadamente 19%, embora inclua apenas pouco mais de 5% das empresas industriais.

O Plano Indústria realizará estudos de linhas de base e cenários tendenciais de emissões, levantamento de tecnologias de baixo carbono e oportunidades de mitigação nas cadeias produtivas dos setores considerados e estabelecerá canal permanente de comunicação entre indústria e governo para identificar obstáculos à melhoria de gestão de carbono e encaminhar medidas para superá-los. A partir do estabelecimento dessas pré-condições será possível preparar a indústria para novos avanços na quantificação dos resultados de mitigação.

Inicialmente o foco das ações setoriais do Plano Indústria será a indústria de Alumínio, Cimento, Papel e celulose e Química, seguidos pela indústria de Ferro e Aço, Cal e Vidro, em 2013, e com a incorporação progressiva de todos os demais setores da Indústria de Transformação até 2020.

Para cumprimento das metas estabelecidas no Plano Indústria para o ano de 2012, o Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI celebraram convênio para a realização do Estudo Técnico que irá subsidiar a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para economias de baixo carbono para a indústria de Alumínio, Cimento, Papel e celulose, Química e Automotivo.

Para a elaboração das Notas Técnicas, que constituem o Estudo, foi contratada a Fundação Getúlio Vargas. O Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces) coordenou uma série de reuniões e workshops setoriais buscando levantar e estruturar as informações relevantes sobre os assuntos para a elaboração das seguintes Notas Técnicas .

- *Nota Técnica Mensuração, Relato e Verificação de Inventários Bottom-up de Gases de Efeito Estufa no Brasil.*
- *Nota Técnica Papel e Celulose.*
- *Nota Técnica Subsetor Cimento.*
- *Nota Técnica Química.*
- *Nota Técnica Alumínio.*
- *Nota Técnica Eficiência de Motores de Automóveis de Passeio.*

Assim, este caderno contempla a Nota Técnica Cimento.

Este trabalho constitui importante contribuição do MDIC e da ABDI para a estruturação e consolidação da estratégia nacional para economia de baixo carbono.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Cimento

O crescimento do subsetor de cimento está positivamente correlacionado ao crescimento da construção civil que, em 2011, atingiu uma participação de 5,8% do produto bruto interno anual. Com grandes obras previstas nos próximos anos, o setor, que cresceu 9% anualmente entre 2005 e 2011, espera crescer a uma taxa de 7% ao ano entre 2012 e 2014 e de 5% ao ano entre 2015 e 2020.

O Brasil ainda apresenta um consumo per capita nacional de cimento menor que os de vários países, desenvolvidos e em desenvolvimento, logo é esperado que haja um crescimento do setor. Esse setor no Brasil aumentou a sua produção em 50% entre 1990 e 2005, enquanto suas emissões aumentaram somente 38% nesse mesmo período, equivalente a uma queda de emissão de aproximadamente 8%.

As emissões e, consequentemente, as principais oportunidades para redução encontram-se prioritariamente nos processos industriais e na combustão para geração de energia térmica do setor. O setor brasileiro atualmente se destaca, tanto no contexto nacional quanto no internacional, por ter um parque industrial moderno e eficiente, utilizar fornos via seca com pré-aquecedores e inserir adições ao cimento, dentre outras.

Em um cenário base de baixo carbono, as emissões do subsetor podem ser significativamente inferiores ao projetado para 2020, supondo a substituição de uma porcentagem da queima de coque de petróleo por outros combustíveis e alternativas, tais como o gás natural e o coprocessamento.

Para tanto, políticas públicas que promovam o aumento da oferta e do uso de adições ao cimento, da oferta de combustíveis alternativos, do uso de coprocessamento serão importantes para a redução das emissões do setor. Similarmente, há de se considerar medidas que incentivem que as novas plantas do setor obtenham a rota tecnológica e tecnologias mais modernas.

SUMÁRIO

Introdução **13**

1. Perfil Técnico **15**

2. Perfil de Emissão do setor de cimento **19**

3. Emissão da indústria de cimento no Brasil **23**

4. Indicadores de Eficiência **31**

5. Comparações Internacionais **39**

6. Perfil Econômico **45**

7. Crescimento nas taxas definidas pelo Plano Indústria **51**

8. Potencial de redução de emissões no setor **53**

9. Cenários de baixo carbono **57**

10. Recomendações de políticas públicas **67**

11. Bibliografia **71**

Siglas

ABCP – Associação Brasileiro de Cimento Portland
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASD - Inversores de Velocidade Ajustável
BEN – Balanço Energético Nacional
CNI – Confederação Nacional da Indústria
CSI – Cement Sustainability Initiative
CV – Carvão Vegetal
DNC – Departamento Nacional de Combustíveis
EC – Comissão Europeia
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
GASBOL - Gasoduto Bolívia-Brasil
GEE – Gases de efeito estufa
GLN - Gás Natural Liquefeito
GN – Gás Natural
GNC – Gás Natural Comprimido
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA – International Energy Agency
IPCC – Intergovernamental Panel on Climate Change
MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
PIB – Produto Interno Bruto
PLN – Plano Nacional de Energia
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
SIN – Sistema Interligado Nacional
SNIC – Sindicato Nacional da Indústria de Cimento
WBCSD – World Business Council for Sustainable Development

Introdução

Esta nota técnica tem como objetivo relatar o atual cenário do setor cimenteiro brasileiro, focando nas emissões decorrentes do processo produtivo do cimento, nas oportunidades existentes dentro do setor e nas medidas necessárias para o setor fazer a transição para uma economia de baixo carbono.

Há uma correlação positiva entre a atividade econômica e a construção civil (SNIC, 2012), fazendo com que ocorrências, como o crescimento populacional e o desenvolvimento do País, afetem positivamente a produção de cimento. Frente a esse cenário, a presente nota técnica busca analisar o perfil e projetar as emissões de gases de efeito estufa, decorrentes de processos industriais e energia, do setor até 2020.

1. Perfil Técnico

1.1. DEFINIÇÃO DE CIMENTO

O cimento é um material ligante que sob certas condições endurece e é capaz de agregar outros materiais. A partir da mistura de cimento Portland, água e outros materiais (areia, pedra britada, etc.), obtêm-se o concreto e argamassas que são utilizadas na construção civil. Dentre os disponíveis, o cimento Portland é o mais conhecido e utilizado. Sendo assim, esta Nota Técnica trata especificamente da produção de cimento Portland. O emprego da palavra "cimento" se refere ao tipo Portland.

1.1.1. CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

O calcário e a argila são as principais matérias-primas na fabricação do cimento que, formado a partir destas, é um produto homogêneo, com variedade limitada de tipos e com especificações e processos de fabricação semelhantes globalmente.

O cimento é o componente básico do concreto e, sendo assim, é um produto imprescindível na construção. Por ser um produto perecível, com baixa condição de estocagem, requer condições específicas de armazenamento. E considerando-se o elevado custo do frete, a ocorrência de trocas internacionais significativas é baixa, atingindo apenas cerca de 5% do consumo mundial do produto.

1.1.2. CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA

O investimento inicial e tempo necessário para a implantação de um projeto, dos estudos preliminares até o início de operações de uma fábrica, para uma unidade de média capacidade instalada é de aproximadamente US$ 300 milhões e de 3 a 5 anos, respectivamente. Por conta

desse investimento elevado, há poucos grupos produtores participantes dos mercados, tanto no contexto nacional quanto no global, fazendo que o setor seja considerado um oligopólio natural.

Diante da baixa relação preço/peso do produto, as unidades produtoras se localizam próximas aos grandes centros consumidores para reduzir custos associados a frete. Os maiores gastos do processo produtivo estão relacionados a uso de combustíveis e energia elétrica.

1.2. COMPOSIÇÃO BÁSICA DO CIMENTO

O cimento é obtido a partir da mistura e moagem de um insumo, chamado clínquer (produto intermediário do cimento), em conjunto com outros materiais genericamente denominados adições. É possível obter diferentes tipos de cimento variando a proporção e os materiais utilizados como adições.

O processo produtivo do cimento é, resumidamente, uma combinação de exploração e beneficiamento de substâncias minerais não metálicas. Sua transformação química em clínquer ocorre em um forno a cerca de 1.450 ºC. Posteriormente, há a moagem e mistura a outros materiais, conforme o tipo de cimento. (SNIC, 2012)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publica as normas técnicas que especificam como deve ser produzido cada tipo de cimento, além da quantidade e da qualidade das matérias-primas utilizadas.

1.2.1. CLÍNQUER

O clínquer é produzido basicamente a partir de calcário, argila e minério de ferro, que são extraídos de jazidas minerais, britados e moídos em proporções adequadas. A mistura é então "cozida" em fornos especiais a altas temperaturas.

Pequenas quantidades de materiais "corretivos", tais como minério de ferro, bauxita, xisto e areia, também podem ser utilizadas na mistura que será cozida. Sendo assim, do ponto de vista químico, o clínquer é composto de cal (CaO), sílica (SiO2) e elementos secundários como alumina (Al2O3), óxido de ferro (Fe2O3), magnésia (MgO), trióxido de enxofre (SO3) etc.

1.2.2. ADIÇÕES

As adições são matérias-primas que, ao serem misturadas ao clínquer, possibilitam a produção de diferentes tipos de cimentos Portland. O tipo de adição e a proporção utilizada diversificam as aplicações e determinam as características específicas do cimento. Exemplos de adições são o gesso, escórias de alto-forno, materiais pozolânicos e materiais carbonáticos (ABCP, 2002).

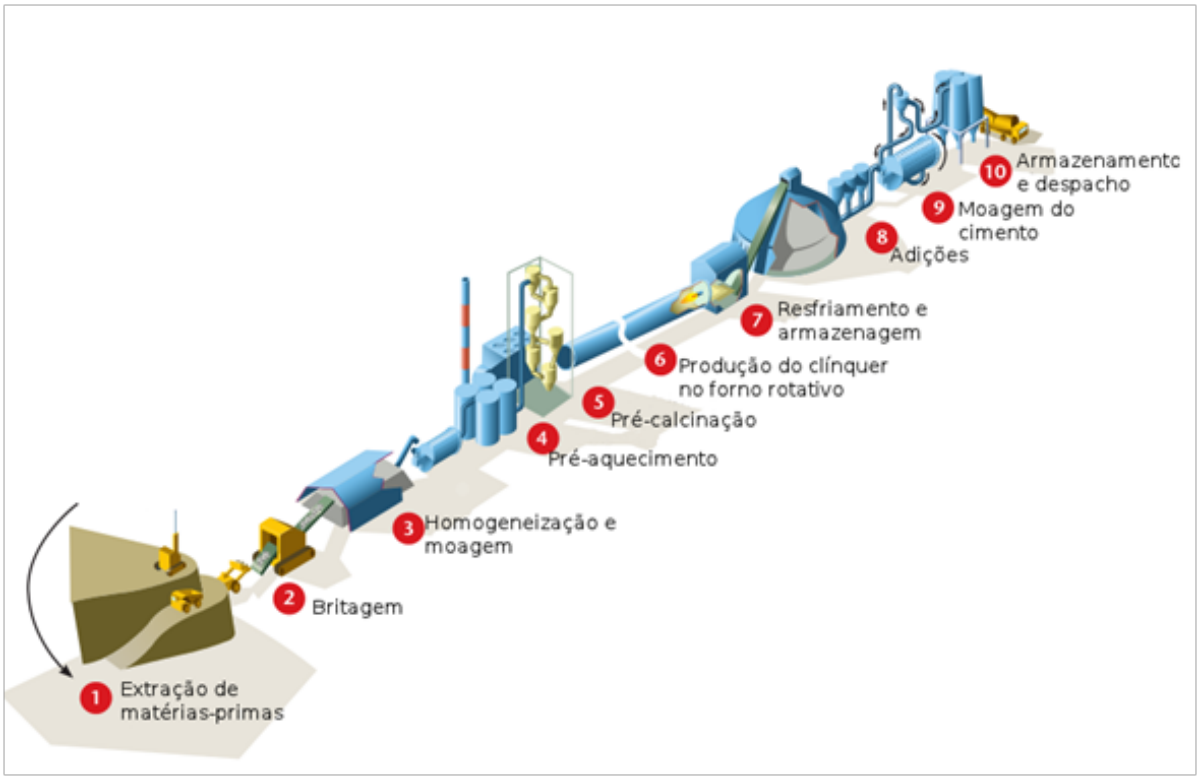
1.3. PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTO

O processo produtivo do cimento requer que um forno seja utilizado para obter o clínquer. Os quatros tipos principais de processos utilizados para a obtenção do clínquer são as vias úmida, semiúmida, semisseca e seca.

Os processos diferem de acordo com o nível de umidade da mistura de materiais que entra no forno. No mundo e no Brasil (SNIC, 2010), predomina a adoção do processo via seca, que diminui o uso de combustíveis em até 50% com relação a outros processos (SNIC, 2012) e é tido como o mais moderno e de maior custo-eficiência (CSI, 2008). O processo via úmida é mais intensivo em carbono que o via seca, sendo necessário mais combustível para levar o material úmido à temperatura ideal para ocorrer a clinquerização.

As principais etapas do processo produtivo estão ilustradas na Figura 1 e resumidas na Tabela 1 para o esclarecimento e a compreensão do padrão de emissão na produção de cimento.

Figura 1: Fluxograma das etapas produtivas do cimento



Fonte: IEA, 2009, tradução própria.

Tabela 1: Descrição das etapas do processo produtivo de cimento por via seca

Etapa	Descrição
Extração de matérias-primas	Extração de calcário e argila. Também podem ser extraídas pequenas quantidades de outras substâncias utilizadas para "correção" do cimento.
Britagem	As matérias-primas são britadas para que seu volume seja reduzido a um tamanho adequado.
Moagem e homogeneização	Nessa etapa ocorre uma mistura das diferentes matérias-primas, de modo a obter uma composição nas proporções e volume exatos. O todo é então moído até que se obtenha um pó fino denominado "farinha" ou "cru".
Preaquecimento (opcional)	A farinha crua é preaquecida nos chamados "ciclones" para que, quando chegar à etapa de clinquerização, o cozimento ocorra da maneira mais eficiente possível.
Pré-calcinação (opcional)	No cimento, a calcinação é o processo de descarbonatação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) para óxido de cálcio e dióxido de carbono, que ocorre quando o material é exposto a altas temperaturas. Essa decomposição começa na etapa chamada de pré-calcinação e termina na etapa seguinte, denominada clinquerização.
Produção do clínquer nos fornos (clinquerização)	Nesta etapa o processo de calcinação continua, e o cru é aquecido à temperatura média de 1.450 °C para que se obtenha um material chamado clínquer.
Resfriamento e armazenamento do clínquer	O clínquer é resfriado para que possa ser armazenado. O ar de resfriamento é aquecido pela troca de calor com o clínquer e reaproveitada nos fornos, reduzindo o consumo de calor. Nessa etapa, algumas empresas podem optar por vender o clínquer a outras.
Adições e moagem	O clínquer é moído junto com o gesso (3%-6%). Além disso, pode haver adições de outros materiais dependendo do tipo de cimento que se queira obter. Adições típicas são escórias de alto-forno da siderurgia, cinzas volantes, pozolanas e materiais carbonáticos. A mistura é então moída, transformando-se em cimento, e posteriormente armazenada.
Armazenamento e despacho	O cimento obtido é armazenado em silos e despachado para ser embalado.

2. Perfil de Emissão do setor de cimento

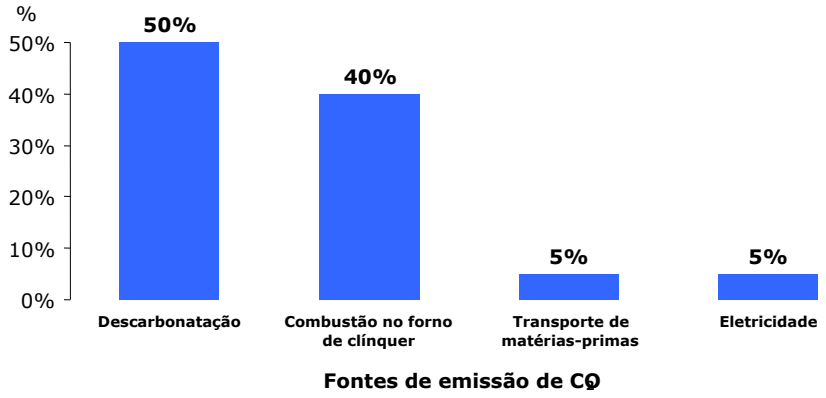
Esta etapa da nota técnica aborda as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes de gastos energéticos e processos industriais. Para o cálculo de emissões no setor de cimentos, foi utilizado o Inventário Nacional.

2.1. PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE GEE

Em escala mundial, aproximadamente 90% das emissões de CO2 oriundas da fabricação de cimento ocorrem durante a produção de clínquer, por meio da calcinação/descarbonatação da matéria-prima e da queima de combustíveis no interior do forno. A parcela restante resulta do transporte de matérias-primas e das emissões indiretas pelo consumo de energia elétrica na fábrica.

A Figura 2 apresenta a distribuição média das emissões de CO2 na indústria de cimento mundial:

Figura 2: Fontes de emissão de CO2



Considera-se, dentro dos inventários de GEE, emissões dos processos industriais aquelas oriundas da transformação química da matéria-prima (descarbonatação) e emissões de energia aquelas decorrentes da queima de combustíveis.

2.1.1. EMISSÕES DECORRENTES DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

A principal fonte de emissão de GEE durante a produção de cimento é inerente ao processo e ocorre na descarbonatação de carbonatos (CO3) em óxidos e dióxido de carbono (IPCC, 2006). O principal carbonato necessário para produzir clínquer é o carbonato de cálcio (CaCO3), presente no calcário (Equação 1).

CaCO3 → CaO + CO2 (Equação 1)

Carbonato de cálcio + calor → Cal virgem + gás carbônico

2.1.2. EMISSÕES DECORRENTES DO USO DE ENERGIA TÉRMICA

A principal fonte de emissão decorrente do uso de energia térmica ocorre durante a queima dos combustíveis utilizados para aquecer o forno, responsável pela clinquerização. A soma das emissões decorrentes da descarbonatação e da queima de combustíveis representa em média 90% das emissões de GEE na produção mundial de cimento (WBCSD-CSI, 2008). Os combustíveis mais utilizados nessa etapa da produção, no Brasil e mundialmente, são o coque de petróleo e o carvão, respectivamente.

Uma parcela menor de energia térmica é também consumida por motores de veículos no transporte de matérias-primas e motores estacionários utilizados para garantir força motriz a certas etapas do processo produtivo, em alguns casos.

2.1.3. EMISSÕES DECORRENTES DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA

A produção de cimento utiliza energia elétrica para gerar força motriz em diferentes etapas do processo industrial. Um exemplo da utilização dessa energia é o processo de moagem do cimento que, no Brasil, é responsável por 40% do consumo de energia elétrica da planta (CNI, 2010).

A parcela mundial de emissões decorrentes do uso de eletricidade no setor de cimentos é de 5%. Porém, por conta de sua matriz renovável, no Brasil, essa participação diminui para pouco menos de 1% (SNIC, 2012). Similarmente, uma parcela da energia do setor de cimentos é gerada internamente a partir de hidrelétricas (BEN 2010 - EPE).

2.2. TIPOS DE GASES DE EFEITO ESTUFA DECORRENTES DE EMISSÃO DIRETA

Na produção de cimento, a quase totalidade das emissões diretas de GEE é composta pelo gás dióxido de carbono (CO2). Emissões de metano (CH4) são responsáveis por cerca de 0,01% do total de emissões nos fornos em função da alta temperatura de combustão. Outros gases de efeito estufa considerados no Protocolo de Kyoto (PFC, HFC, SF6) possuem baixa participação nas emissões do setor de cimento (WBCSD-CSI, 2008).

3. Emissão da indústria de cimento no Brasil

3.1. QUANTIDADE DE EMISSÕES DE CO2

O Segundo Inventário Brasileiro de Gases de Efeito Estufa, que levantou as emissões de GEE de 1990 a 2005 no País, considerou as emissões de CO2 da indústria do cimento relativas à descarbonatação (capítulo processos industriais) e à queima de combustíveis nos fornos (capítulo energia). As emissões provenientes do consumo de energia elétrica na planta e transporte das matérias-primas não foram captadas no Inventário.

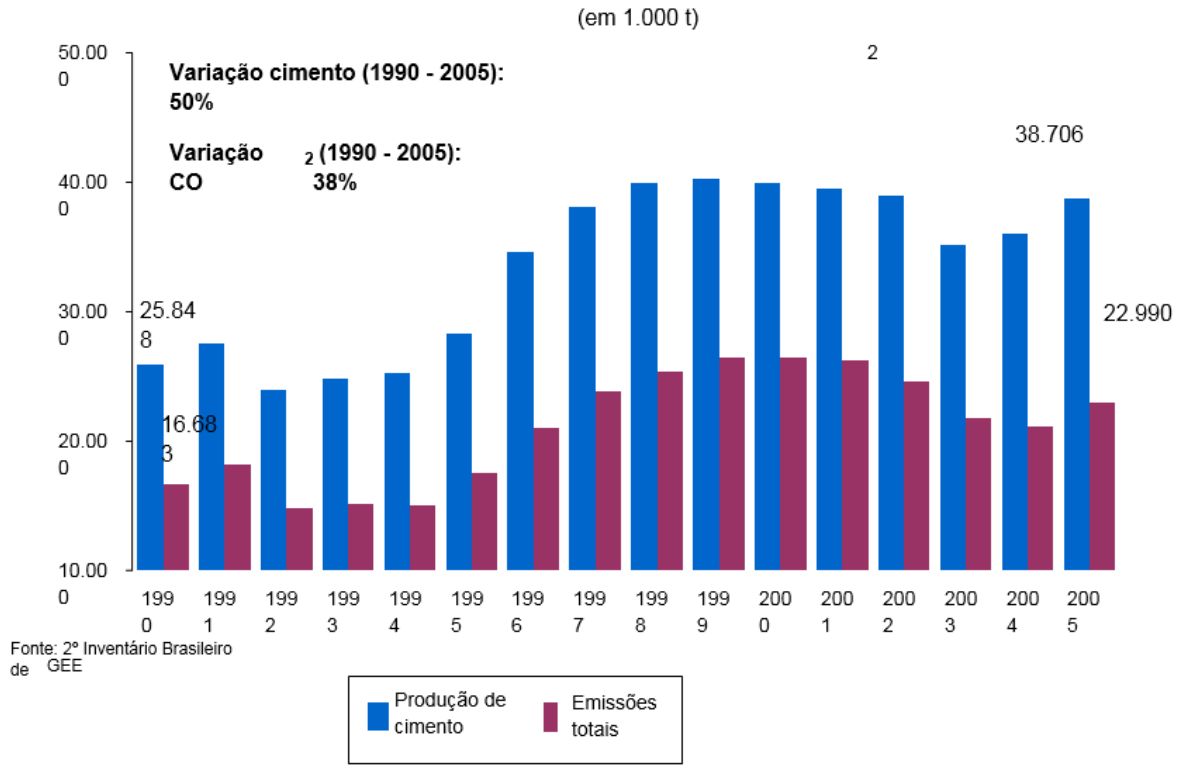
Em 2005, as emissões oriundas da produção de cimento totalizaram 22.990 milhões de toneladas de CO2 (MCT, 2006), conforme Tabela 2.

Tabela 2: Emissões de CO2 em Gg

Emissões de CO_2 - Gg			
Ano	Descarb.	Comb.	Total
1990	11,062	5,621	683
1991	11,776	6,369	18,145
1992	9,770	5,013	14,783
1993	10,164	5,014	15,178
1994	10,086	4,944	15,030
1995	11,528	5,977	17,505
1996	13,884	7,105	20,989
1997	15,267	8,507	23,774
1998	16,175	9,191	25,366
1999	16,439	10,051	26,490
2000	16,047	10,441	26,488
2001	15,227	10,954	26,181
2002	14,390	10,190	24,580
2003	13,096	8,693	21,789
2004	13,273	7,808	21,081
2005	14,349	8,641	22,990
Var.90-05	29,7%	53,7%	37,8%

Na Figura 3, são apresentadas as emissões brutas do setor no período 1990 a 2005, somando-se a parcela correspondente aos processos industriais e à energia, juntamente com a produção de cimento.

Figura 3: Produção de cimento vs. emissões de CO2



No período, nota-se que, enquanto a produção de cimento aumentou 50%, a emissão de CO2 variou 38%, equivalente a uma queda de emissões de 8% (SNIC, 2012). No cenário nacional, a participação do setor nas emissões totais brasileiras, em 2005, foi de 1,4% (MCT, 2010). Comparativamente, a parcela correspondente à indústria do cimento em escala mundial é de aproximadamente 5% (CSI).

3.2. EMISSÕES DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

As emissões de gases de efeito estufa decorrentes dos processos industriais de cimento ocorrem por meio do processo de descarbonatação do calcário. Características geográficas devem ser consideradas no cálculo dessas emissões, pois diferentes regiões brasileiras contêm calcários com diversos teores de cálcio e magnésio, que influenciam o fator de emissão (SNIC, 2012). Sendo assim, não somente o método de produção adotado, mas também a qualidade da rocha calcária utilizada afetam as emissões de gases de efeito estufa decorrentes de processos industriais para o setor (SNIC, 2012).

Entretanto, em escala nacional, a emissão da descarbonatação por tonelada de clínquer tende a se manter estável ao longo do tempo (SNIC, 2012). Desta forma, uma diminuição no fator de emissões do cimento geralmente reflete uma redução na quantidade de clínquer utilizado no processo produtivo de cimento (MCT, 2010). A Tabela 3 apresenta as emissões de CO2 nos processos industriais.

Tabela 3: Emissões de CO2 do processo de descarbonatação do calcário na produção de clínquer na indústria de cimento

Processos Industriais Emissões de CO_2	
Ano	**Gg**
1990	11,062
1991	11,776
1992	9,770
1993	10,164
1994	10,086
1995	11,528
1996	13,884
1997	15,267
1998	16,175
1999	16,439
2000	16,047
2001	15,227
2002	14,390
2003	13,096
2004	13,273
2005	14,349
Variação 1990-2005	29,7%

Fonte: MCT - 2° Inventário Nacional de GEE

3.3. EMISSÕES DE ENERGIA TÉRMICA

Quando se considera as emissões de combustíveis fósseis relativas ao uso energético no setor, percebe-se que estas cresceram 53,7% de 1990 a 2005, conforme apresentado na Tabela 4.

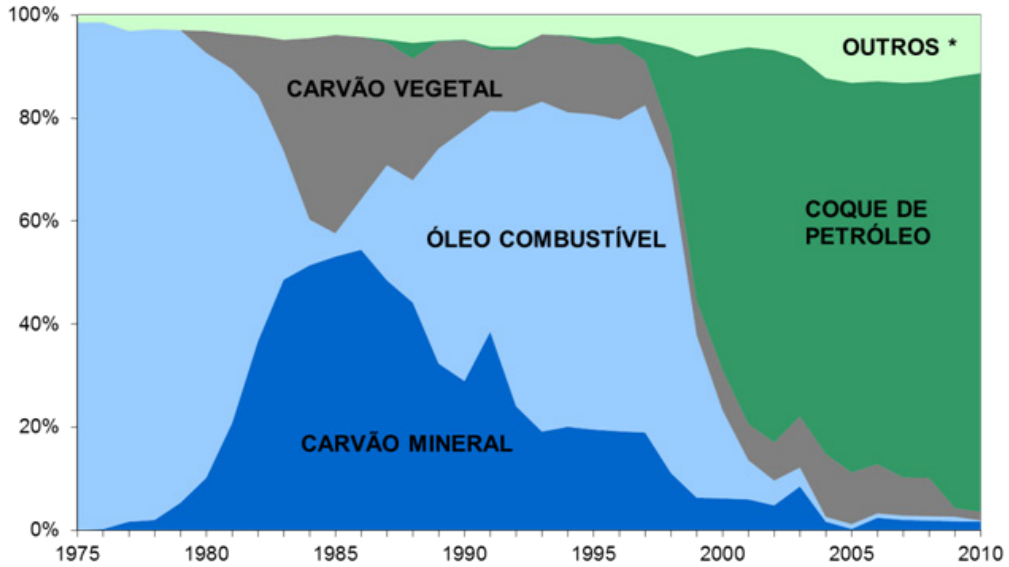
Tabela 4: Emissões de CO2 do consumo de combustíveis na produção de clínquer na indústria de cimento

Energia Emissões de CO_2	
Ano	**Gg**
1990	5,621
1991	6,369
1992	5,013
1993	5,014
1994	4,944
1995	5,977
1996	7,105
1997	8,507
1998	9,191
1999	10,051
2000	10,441
2001	10,954
2002	10,19
2003	8,693
2004	7,808
2005	8,641
Variação 1990-2005	53,7%

Para o setor de cimentos, a aceitação de vários tipos de combustíveis pelos fornos permite oportunidades custo-eficientes de redução de emissões e gera maior necessidade de mensurar o consumo e emissões dos combustíveis queimados. No Balanço Energético Nacional, contudo, não há uma segregação quanto a diferentes tipos de biomassa ou resíduos utilizados (coprocessamento) (SNIC, 2012). Por essa questão, a análise realizada nessa nota pode não captar da melhor maneira os eventuais efeitos de redução de intensidade carbônica de energia térmica gerados pelo uso crescente de combustíveis alternativos no setor de cimentos.

A Figura 4 permite observar a evolução do uso de combustíveis na indústria brasileira do cimento em decorrência das diferentes conjunturas de abastecimento ao longo de sua existência.

Figura 4: Participação dos tipos de combustíveis na matriz energética do setor



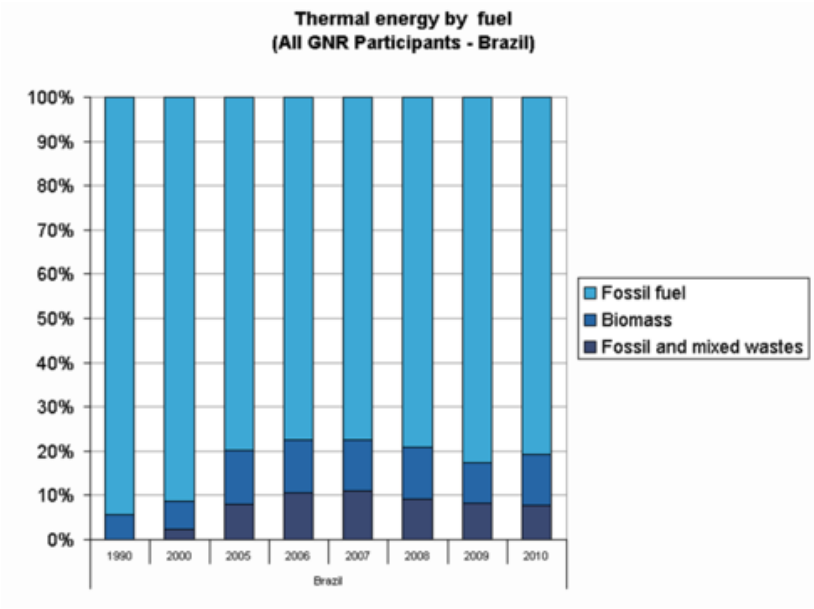
Fonte: BEN 2011

* Biomassa, resíduos, outros.

Além do Balanço Energético Nacional, o Cement Sustainable Initiative (CSI), que apresenta taxa de utilização de biomassa e resíduos discriminados dentro da matriz de combustíveis do setor, foi utilizado como fonte de dados (Figura 5). Porém, esses dados também apresentam limitações, pois abrangem somente as empresas participantes do CSI[3]. Dessa forma, os dados do BEN são preferidos por serem de fonte oficial, terem abrangência maior e estarem alinhados com o planejamento energético do País.

3 Seis empresas, que representam aproximadamente 70% do setor (SNIC)

Figura 5: Taxa de utilização de combustíveis fósseis, resíduos fósseis e biomassa



Region	Year	Fossil and mixed wastes	Biomass	Fossil fuel	Total
		(%)	(%)	(%)	(%)
Brazil	1990	-	5,55	94,5	100
-	2000	2,36	6,25	91,4	100
-	2005	7,88	12,3	79,8	100
-	2006	10,5	12	77,4	100
-	2007	11,1	11,4	77,4	100
-	2008	9,18	11,8	79	100
-	2009	8,21	9,19	82,6	100
-	2010	7,82	11,4	80,7	100

3.3.1. HISTÓRICO DE COMBUSTÍVEIS NO SETOR

Resumidamente, quatro períodos se destacam na história do cimento e, consequentemente, na escolha de combustível utilizado durante esses períodos. Da sua implantação até 1975, a indústria consumiu exclusivamente óleo combustível leve, importado ou produzido no País. Porém, as crises do petróleo ocorridas nessa década geraram um risco de desabastecimento do produto e, assim, provocaram uma abrupta elevação no preço desse combustível. (SNIC, 2012)

O setor passou então a utilizar outros energéticos complementarmente ao óleo combustível e, em 1979, o governo federal conclamou a indústria do cimento a uma mudança em sua matriz energética, substituindo o óleo combustível leve por carvão mineral e vegetal, de origem nacional. Nesse sentido, foi assinado um acordo – chamado Protocolo do Carvão – no qual o governo federal garantia o abastecimento e o preço do carvão mineral em níveis inferiores ao preço do óleo combustível, em calorias equivalentes, como forma de ressarcir os elevados investimentos necessários à utilização desses novos energéticos. Intensificou-se então o uso desses energéticos e da biomassa, assim alcançando em 1985 uma taxa de substituição ao óleo combustível de 96%. (SNIC, 2012)

O êxito no programa de substituição energética gerou na indústria petrolífera brasileira um grande excedente de óleo combustível, que passou a ser, em parte, exportado. O governo federal, então, através da Petrobras, ofereceu à indústria do cimento a garantia do abastecimento de um novo elenco de óleos com alta viscosidade a preços significativamente competitivos. O uso desses combustíveis foi incrementado no setor até a metade dos anos 1990. (SNIC, 2012)

A partir de 1997, a Petrobras apresentou dificuldades na garantia de abastecimento desses óleos ultraviscosos. Ao mesmo tempo, por Portaria do extinto DNC de 1997, foi dispensada a exigência de anuência prévia para a importação de derivados de petróleo pela indústria brasileira. Com isso, o setor cimenteiro passou a importar e a consumir o coque verde de petróleo, em função da combinação da garantia de seu abastecimento, em decorrência da existência de grande oferta desse produto principalmente no Golfo do México, bem como pelos baixos níveis de seus preços. Nesse período também se consolidou o uso do coprocessamento, principalmente a partir dos anos 2000. (SNIC, 2012)

3.4. EMISSÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

Para o cálculo de emissões por consumo de energia elétrica, cujos dados foram retirados do BEN 2011, supôs-se que a totalidade do consumo de energia elétrica utilizada no setor de cimento fosse comprada do Sistema Interligado Nacional (SIN). O período analisado para emissões dessa categoria está compreendido entre 2006 e 2010, por conta da falta de fatores de emissão para o SIN para anos anteriores a 2006 (Tabela 5).

Tabela 5: Emissões de energia elétrica período 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010
tCO2	133.090	126.392	231.227	114.388	256.838

Fonte: Cálculo próprio com base em dados de consumo de combustível extraídos do BEN, 2011.

4. Indicadores de Eficiência

4.1. INTENSIDADE CARBÔNICA NO SETOR DE CIMENTO

O uso de indicadores para a mensuração de gases de efeito estufa é uma questão estratégica para o setor: atingir seus objetivos de redução de intensidade carbônica no seu processo produtivo; compreender as medidas de eficiência carbônica tomadas pelo setor; e comparar essas emissões com as de outros setores ao redor do mundo.

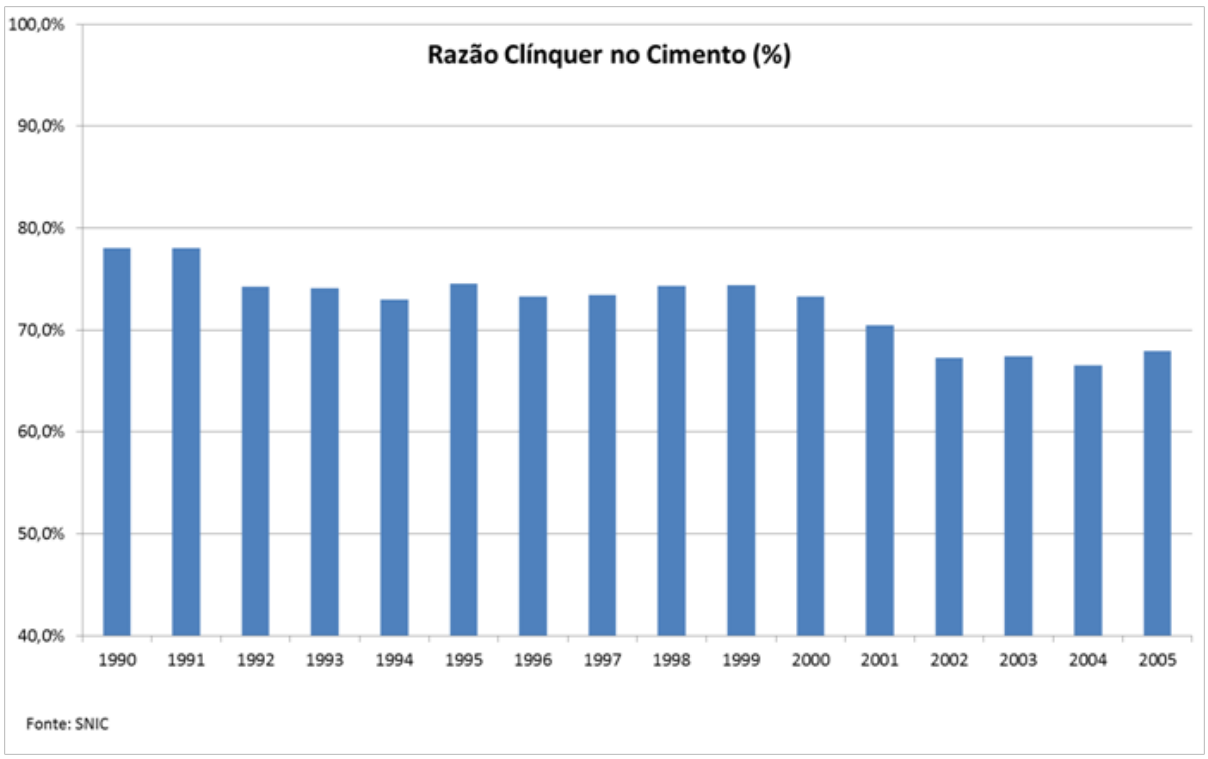
Para o cimento, fatores como a idade média das instalações brasileiras, a tecnologia usada e o tipo de combustível utilizado afetam as emissões do setor. Outros fatores que também influenciam as emissões oriundas da produção do cimento e, consequentemente sua intensidade carbônica, incluem o uso de adições.

Ao fazer a comparação, percebe-se que as emissões totais do setor cimenteiro cresceram 38% (MCT, 2010), enquanto as emissões totais brasileiras aumentaram 65%, entre 1990 a 2005 (SNIC, 2009).

4.2. ADIÇÕES AO CIMENTO

O uso de indicadores que mensuram a quantidade de clínquer no cimento, tais como taxa de clínquer ao cimento e taxa de adições ao clínquer, pode sinalizar para medidas que reduzem emissões no setor. Mais adições apontam para menos clínquer no cimento e consequentemente, menos emissões, conforme ilustrado na Figura 6 (MCT, 2010).

Figura 6: Proporção clínquer para cimento



4.3. INDICADORES DE EMISSÕES TÉRMICAS

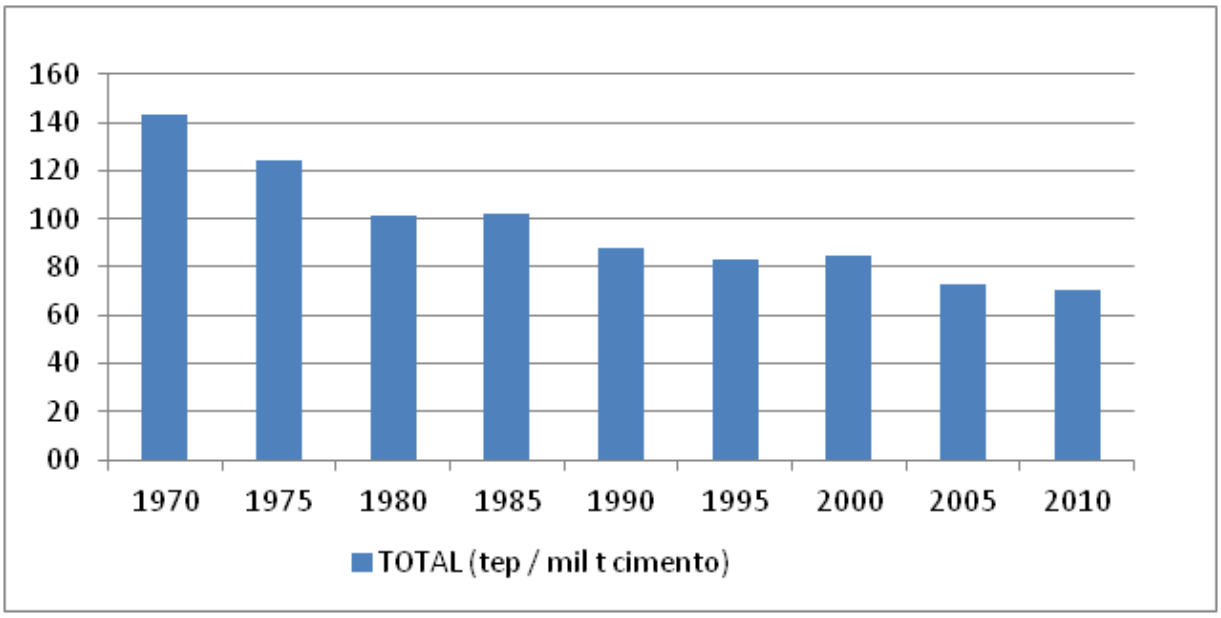
Combustíveis menos emissores, tais como alguns combustíveis alternativos, tendem a reduzir a intensidade carbônica do processo. Indicadores, como composição do consumo de combustível por tipo, eficiência térmica por tonelada de clínquer e intensidade carbônica, são uteis na mensuração das emissões térmicas do setor.

Similarmente, a aceitação de combustíveis alternativos pelos fornos apresenta oportunidades para gerar maior eficiência carbônica no setor. Nesse caso, indicadores como a taxa de substituição de combustíveis alternativos e biomassa podem ser utilizados (CSI).

O primeiro indicador selecionado para medir intensidade de emissões de energia térmica é a quantidade total de combustível consumido por unidade produzida de cimento (tep/mil t cimento). Analisando a evolução do indicador no período de 1970 a 2010, observa-se que o setor apresentou melhora gradual em sua intensidade carbônica, passando de 143,6 em 1970 para 70,1 tep/mil t cimento em 2010 (Figura 7).

A correlação entre esse indicador e custos é positiva, fazendo que uma redução na quantidade de combustíveis utilizados gere também uma redução em custos. Esse fato constitui um driver financeiro em que plantas novas de última geração acabem consumindo menor quantidade de combustível por unidade produzida do que plantas mais antigas/menos eficientes.

Figura 7: Evolução do combustível consumido por unidade produzida (tep / mil t cimento)



Fonte: Cálculo próprio com base em dados de consumo de combustível extraídos do BEN, 2011 e produção de cimento do SNIC,2011.

A Tabela 6 apresenta o mesmo indicador (tep/mil t cimento) por tipo de combustível e ilustra o impacto do combustível utilizado na intensidade térmica do setor.

Tabela 6: Consumo de combustível por unidade produzida (tep/mil t cimento) por tipo de combustível

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
GÁS NATURAL	0,00	0,00	1,68	0,30	1,52	0,84	1,23	0,43	0,38
CARVÃO MINERAL	0,00	0,00	9,27	48,58	22,57	14,36	4,61	0,16	1,04
LENHA	0,00	0,00	0,00	0,38	0,08	0,05	0,55	0,00	0,00
ÓLEO DIESEL	2,57	1,54	1,04	0,92	0,41	0,55	0,60	0,89	0,76
ÓLEO COMBUSTÍVEL	131,09	112,19	75,22	4,13	37,98	44,96	12,79	0,60	0,14
CARVÃO VEGETAL	0,00	0,00	3,89	35,24	13,54	10,01	5,84	6,43	1,07
COQUE DE PETRÓLEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,90	46,25	48,60	53,46
OUTRAS NÃO ESPECÍFICADAS *	0,00	0,10	0,09	1,92	1,69	1,82	2,82	7,11	5,92
TOTAL (tep / mil t cimento)	143,6	123,9	101,4	101,7	87,7	83,4	84,3	73,1	70,1

Fonte: Cálculo próprio com base em dados de consumo de combustível extraídos do BEN, 2011 e produção de cimento do SNIC, 2011.

O segundo indicador escolhido mede emissões de energia térmica por unidade produzida (Tabela 7). Assim como no indicador anterior, a intensidade de emissões de energia térmica também foi reduzida no mesmo período. A variação percentual da emissão de energia térmica por unidade produzida para emissões de cada tipo de combustível (e emissões totais), nos períodos entre 1970 e 2010 e 1990 e 2010, pode ser vista na Tabela 8.

Tabela 7: Emissão total de energia térmica por unidade produzida (tCO2 eq/mil t cimento)

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
tCO2 eq / mil t cimento	361	307	246	242	206	193	194	154	153

Fonte: Cálculo próprio com base em dados de consumo de combustível extraídos do BEN, 2011 e produção de cimento do SNIC,2011.

Tabela 8: Variação percentual da emissão de energia térmica por unidade produzida (tCO2 eq / mil t cimento)

Periodo:	1970-2010	1990-2010
GÁS NATURAL	n/a	-75%
CARVÃO MINERAL	n/a	-95%
LENHA	n/a	-100%
ÓLEO DIESEL	-70%	88%
ÓLEO COMBUSTÍVEL	-100%	-100%
CARVÃO VEGETAL	n/a	-92%
COQUE DE PETRÓLEO	n/a	39494%
OUTRAS NÃO ESPECÍFICADAS *	-	-
tCO2 eq / mil t cimento	-57%	-25%

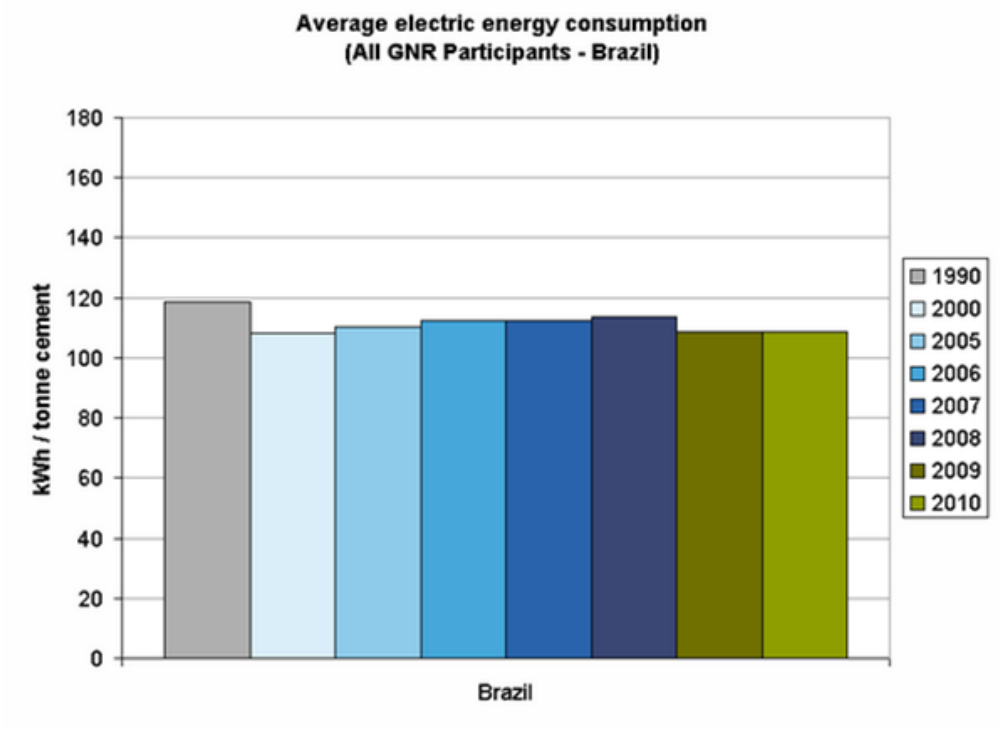
Fonte: Cálculo próprio com base em dados de consumo de combustível extraídos do BEN, 2011 e produção de cimento do SNIC, 2011.

4.4. INDICADORES DE EMISSÕES ELÉTRICAS

No setor cimenteiro brasileiro, emissões oriundas de energia elétrica são responsáveis por menos de 1% das emissões totais do setor (SNIC, 2012). Em alguns casos, substitutos que diminuem as emissões relativas a processos industriais podem aumentar as emissões oriundas de gastos de energia elétrica. Um caso, por exemplo, reflete-se no uso de adições que diminuem as emissões do cimento por utilizarem menos clínquer, mas aumentam as emissões de energia elétrica por necessitarem de um processo de moagem mais intensivo.

Em termos de eficiência elétrica, o setor apresentou significativa evolução até 2000, mantendo-se relativamente constante a partir desse ano, na faixa de 110 kWh/t de cimento (CSI), conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8: Consumo elétrico específico médio



Region	1990 (kWh / t cement)	2000 (kWh / t cement)	2005 (kWh / t cement)	2006 (kWh / t cement)	2007 (kWh / t cement)	2008 (kWh / t cement)	2009 (kWh / t cement)	2010 (kWh / t cement)
Brazil	118	108	110	112	112	114	109	109

Fonte: CSI, 2011

O indicador de intensidade de emissões de energia elétrica, encontrado na Tabela 9, mostra o impacto das emissões de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional nas emissões do setor. Quando o fator de emissão do SIN for elevado, ocorrerá um aumento nas emissões de energia elétrica.

Tabela 9: Emissão de energia elétrica por unidade produzida (Kg CO2 eq/t cimento)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
tCO2	n/a	3,18	2,72	4,45	2,21	4,34	n/a

Fonte: Cálculo próprio com base em dados de consumo de combustível extraídos do BEN, 2011 e produção de cimento do SNIC, 2011.

Outros indicadores que também podem ser utilizados como recurso para a medição de intensidade e emissões de GEE da indústria cimenteira são apresentados na Tabela 10.

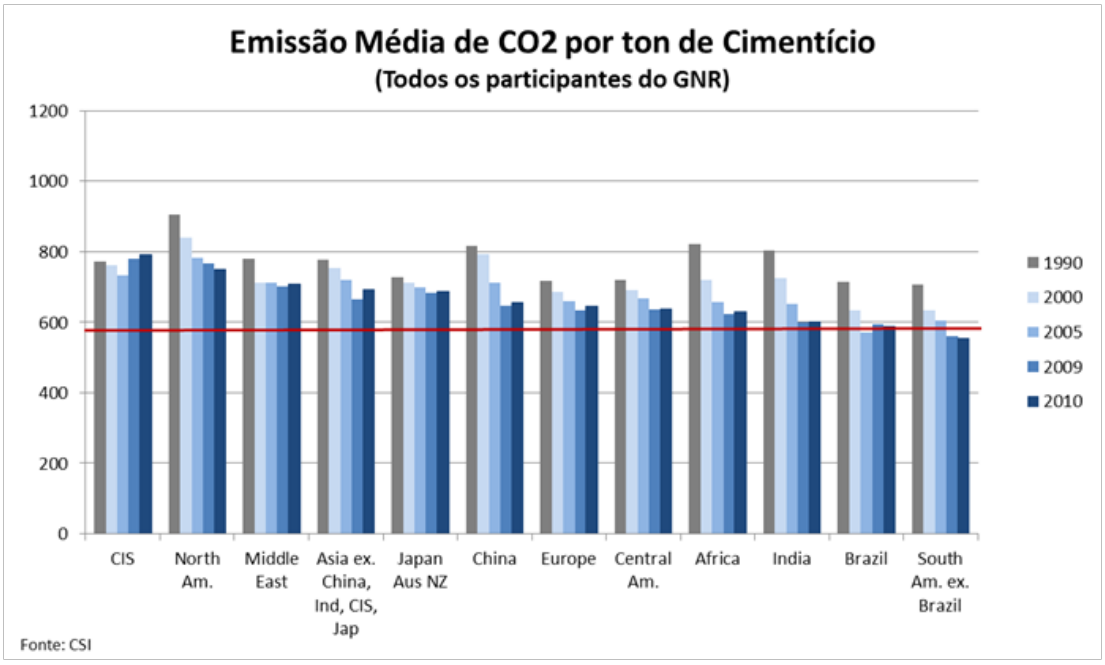
Tabela 10: Indicadores utilizados para a medição de emissões no cimento

Gerenciamento das emissõesde CO2	Indicadores de Performance
Eficiência termal por tonelada de clínquer	GJ por tonelada de Clínquer
Tecnologia e operação da planta/forno	Tipo de Forno
Composição do consumo de combustível por tipo	Composição do consumo de combustível por tipo e substituição de combustíveis convencionais por combustíveis alternativos e biomassa
Substituto ao Clínquer	Taxa de Clínquer para o cimento
Emissões indiretas das fontes de energia elétrica utilizadas	energia Elétrica por tonelada de cimento
Performance de emissões	Emissões bruta e líquida por tonelada de produto cimentício

5. Comparações Internacionais

No contexto internacional, as emissões da indústria do cimento brasileira são referências mundiais, conforme destacado na Figura 9.

Figura 9: Emissão média de CO2 por tonelada de cimento

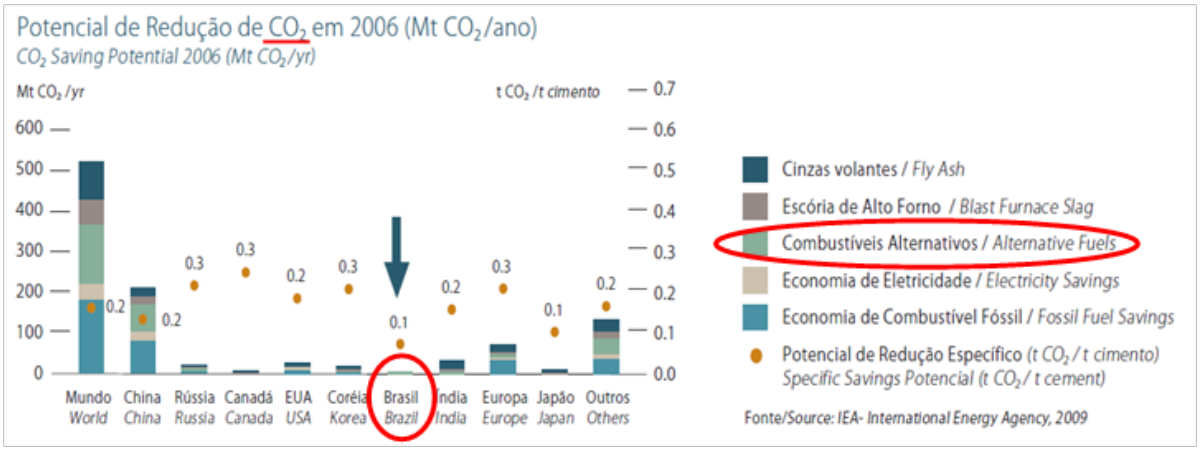


Obs.: A linha vermelha mostra o valor do Brasil em 2010, permitindo visualizar como os outros países/regiões se encontram em relação ao indicador nacional.

Percebe-se nos anos mais recentes um ligeiro aumento da emissão específica brasileira com relação a 2005. Isso se deve à reativação de unidades de menor eficiência que entraram em operação para atender à elevação da demanda de cimento (SNIC, 2012). Para os próximos anos, entretanto, já estão anunciados e em construção projetos que deverão elevar a capacidade instalada atual (SNIC, 2012). Essas unidades, construídas com a melhor tecnologia atualmente disponível, ajudarão a indústria a manter as suas baixas emissões de CO2 por unidade produzida (SNIC, 2012).

Corroborando com o gráfico acima, um estudo elaborado em 2006 pela IEA (Figura 10), analisando o potencial de redução de emissões de CO2 dos principais países produtores de cimento, identificou o Brasil como o país com o menor potencial de redução de emissões dentro dos países estudados, baseado nas melhores práticas e tecnologias existentes no tempo da pesquisa. O estudo definiu como potencial de melhoria a maior utilização de combustíveis alternativos, em substituição aos combustíveis fósseis não renováveis.

Figura 10: Potencial de redução de CO2, em 2006



Fonte: IEA – International Energy Agency

5.1. PARQUE INDUSTRIAL BRASILEIRO

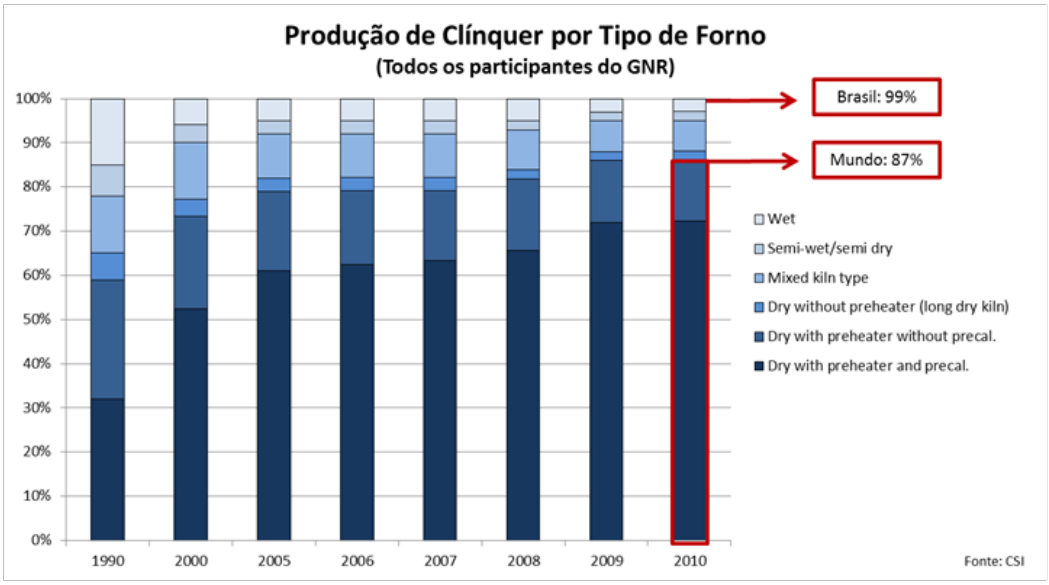
A indústria do cimento no Brasil possui um parque industrial moderno e eficiente, com instalações que operam com baixo consumo energético e consequentemente uma menor emissão de CO2, quando comparada à de outros países.

A maioria do cimento no País é produzido por via seca. Além disso, preaquecedores e pré-calcinadores reaproveitam os gases quentes da saída do forno para preaquecer a matéria-prima antes de sua entrada no forno, reduzindo assim o consumo de combustíveis (SNIC, 2012).

Os fornos via seca com preaquecedores, no Brasil, são responsáveis por 99% da produção de cimento. Comparativamente, em escala mundial, os fornos via seca com preaquecedor (e com

ou sem pré-calcinador) representaram somente 87% (CSI), em 2010, conforme ilustrado na Figura 11 (SNIC, 2012).

Figura 11: Produção de clínquer por tipo de forno



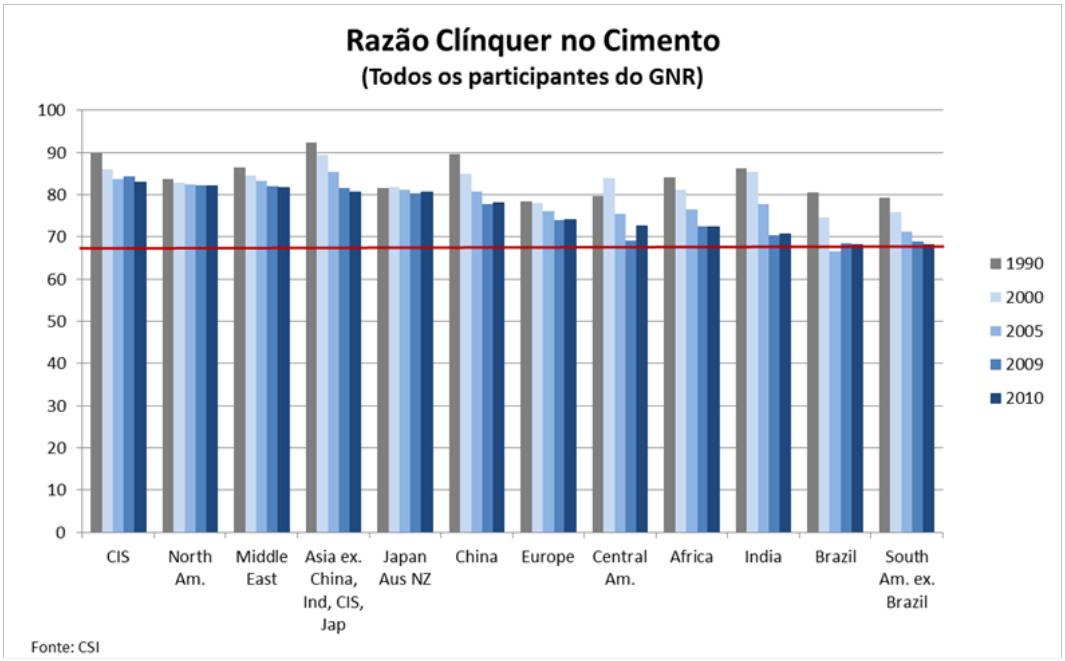
5.2. CIMENTOS COM ADIÇÕES

O setor cimenteiro nacional utiliza cimentos com adições há mais de 50 anos, aproveitando subprodutos de outras atividades e matérias-primas alternativas (SNIC, 2012). A produção de cimentos com adições ao clínquer, com materiais como escórias de alto-forno, cinzas volantes, pozolanas artificiais e fíler calcário, além de diversificar as aplicações e características específicas do cimento, propicia a redução das emissões de CO2, uma vez que diminui a produção de clínquer e, consequentemente, a queima de combustíveis e a emissão por calcinação/descarbonatação (SNIC, 2012).

Além disso, os cimentos com adições representam uma solução ambientalmente adequada para subprodutos de outros processos produtivos, como escórias siderúrgicas e cinzas de termelétricas (SNIC, 2012). Todos esses processos atendem às especificações das Normas Técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A crescente utilização de adições ao cimento no Brasil tem representado uma das mais eficazes medidas de controle e redução das emissões de CO2 do setor e vem sendo cada vez mais adotada por outros países. A Figura 12 considera a razão clínquer/cimento e, consequentemente o percentual de adições utilizadas. Nela, o cimento brasileiro está posicionado como tendo uma quantidade baixa de clínquer, quando comparado aos de outros países analisados.

Figura 12: Razão clínquer no cimento



Para manter essa razão de clínquer por tonelada de cimento produzido, é necessário que o crescimento da oferta de adições acompanhe o crescimento do setor. Porém, ao considerar as atuais fontes de adições utilizadas, percebe-se a possibilidade destas crescerem em níveis menores do que a taxa de crescimento prevista para o setor até 2020 (SNIC, 2012).

5.3. COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

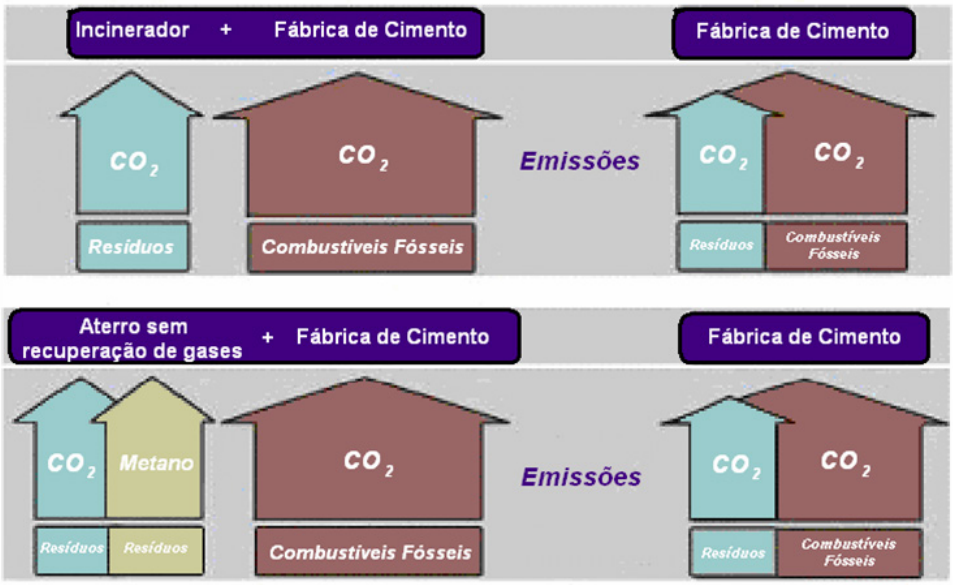
Além dos combustíveis tradicionais utilizados pela indústria do cimento, como coque de petróleo, óleo combustível e carvão mineral, é cada vez mais crescente o uso de combustíveis alternativos no Brasil, por meio do coprocessamento de resíduos e da utilização de biomassa.

O coprocessamento reaproveita rejeitos de outras atividades em substituição aos combustíveis fósseis. Dessa forma, resíduos com poder energético, como pneus inservíveis, tintas, plásticos, óleos usados e resíduos urbanos devidamente triados são utilizados para alimentar a chama do forno de clínquer, ao mesmo tempo em que são adequadamente destruídos (SNIC, 2012).

Paralelamente, além de eliminar o passivo ambiental representado pelos resíduos, o coprocessamento pode contribuir também para a redução das emissões de gás carbônico do setor, uma vez que a mistura de resíduos utilizada possa ter um menor fator de emissão por energia produzida, quando comparados aos combustíveis fósseis tradicionais utilizados nos fornos (SNIC, 2012).

Conforme a Figura 13, o coprocessamento de resíduos impede que estes emitam gases de efeito estufa, caso fossem destinados a aterros ou incinerados. Sendo assim, surge a necessidade de considerar não somente as reduções no setor em função do coprocessamento, mas também as reduções em aterros e incineradores e o combustível que deixou de ser queimado por conta dessa substituição.

Figura 13: Emissões evitadas no coprocessamento



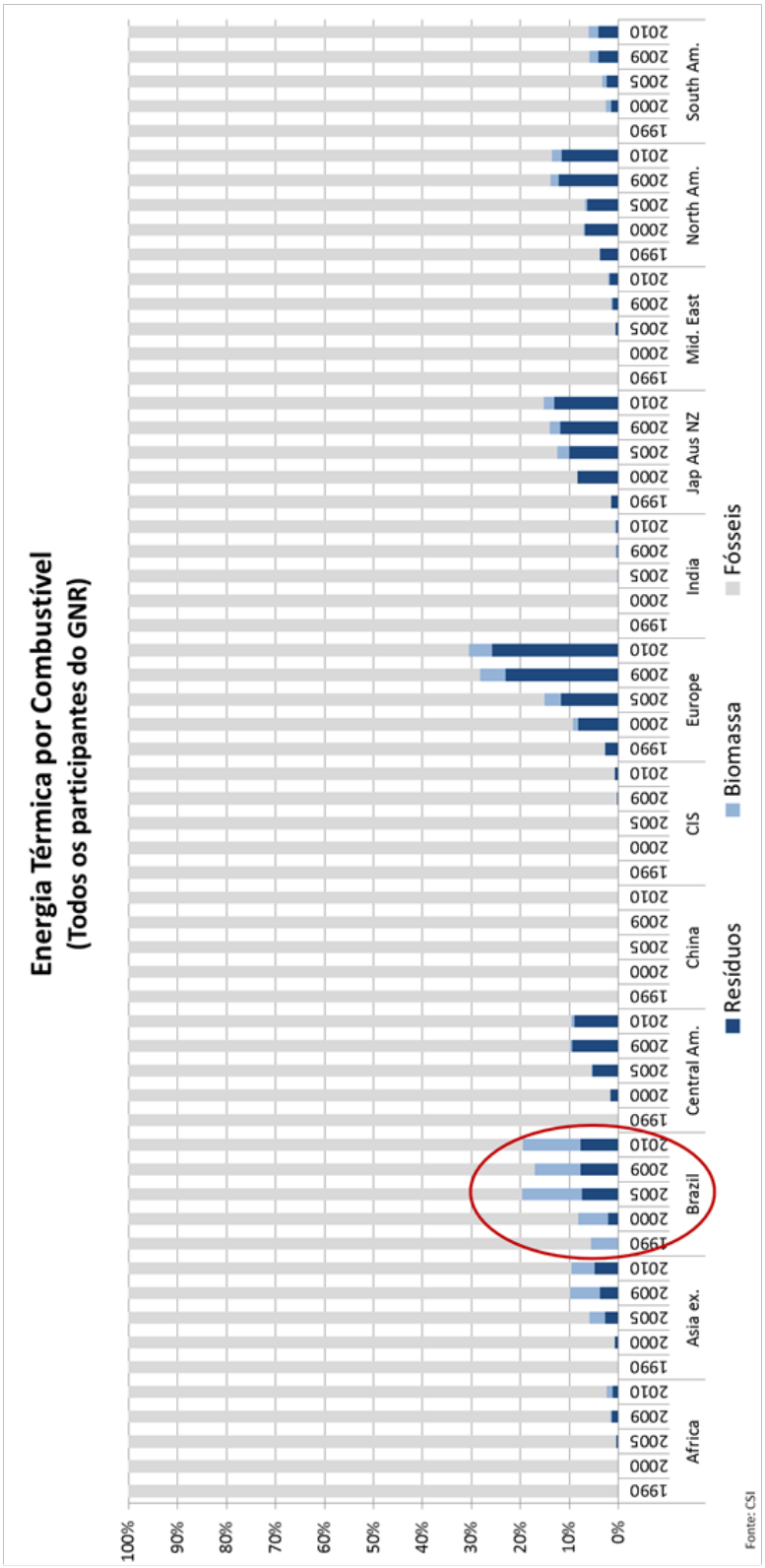
Fonte: CEMBUREAU

A queima de resíduos por coprocessamento, no Brasil, aumentou consideravelmente a partir dos anos 2000, porém ainda se encontra abaixo de a de países como os países europeus, Estados Unidos e Japão (SNIC, 2012).

Atualmente, são coprocessados pela indústria do cimento no Brasil 1 milhão de toneladas de resíduos. Contudo, o setor possui um potencial de destruição de aproximadamente 2,5 milhões de toneladas, o que representa uma alternativa significativa para mitigação das emissões de CO2 do setor, quando se consideram outras alternativas de combustíveis para os fornos (SNIC, 2012).

O Brasil é o país que mais utiliza biomassa na produção de cimento (CSI), com pouco menos de 12% de participação na sua matriz energética. Essa biomassa é constituída, principalmente, por carvão vegetal, resíduos de agricultura como palha de arroz, resíduos de madeira e lodo de ETEs – Estações de Tratamento de Efluentes (SNIC, 2012).

Figura 14: Energia térmica por combustível



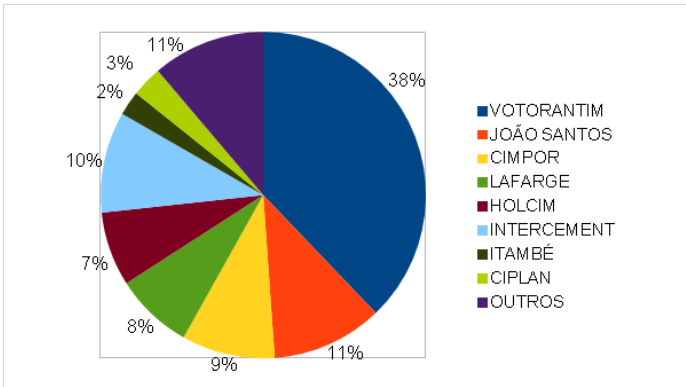
6. Perfil Econômico

6.1. PERFIL EMPRESARIAL

A indústria brasileira do cimento é composta por 81 unidades produtoras, pertencentes a 29 empresas, consolidadas em 15 grupos industriais nacionais e estrangeiros, com capacidade instalada na ordem de 78 milhões t/ano, em 2011. O número de grupos atuantes no País é um dos mais altos no mundo, sendo superado somente pelos Estados Unidos, no continente americano (SNIC, 2012).

O maior produtor no Brasil é o grupo Votorantim Cimentos, que contribui com 38% da produção nacional, seguido do grupo João Santos (11%), Intercement (10%), Cimpor (9%), Lafarge (8%), Holcim (7%), Ciplan (3%) e Itambé (2%). Estima-se ainda que 11% da produção nacional é proveniente de outras empresas não listadas aqui [3].

Figura 15: Participação na produção de cimento Portland no Brasil em 2010



3 As informações de produção de cimento de algumas empresas não são públicas e estão englobadas na categoria "outros".

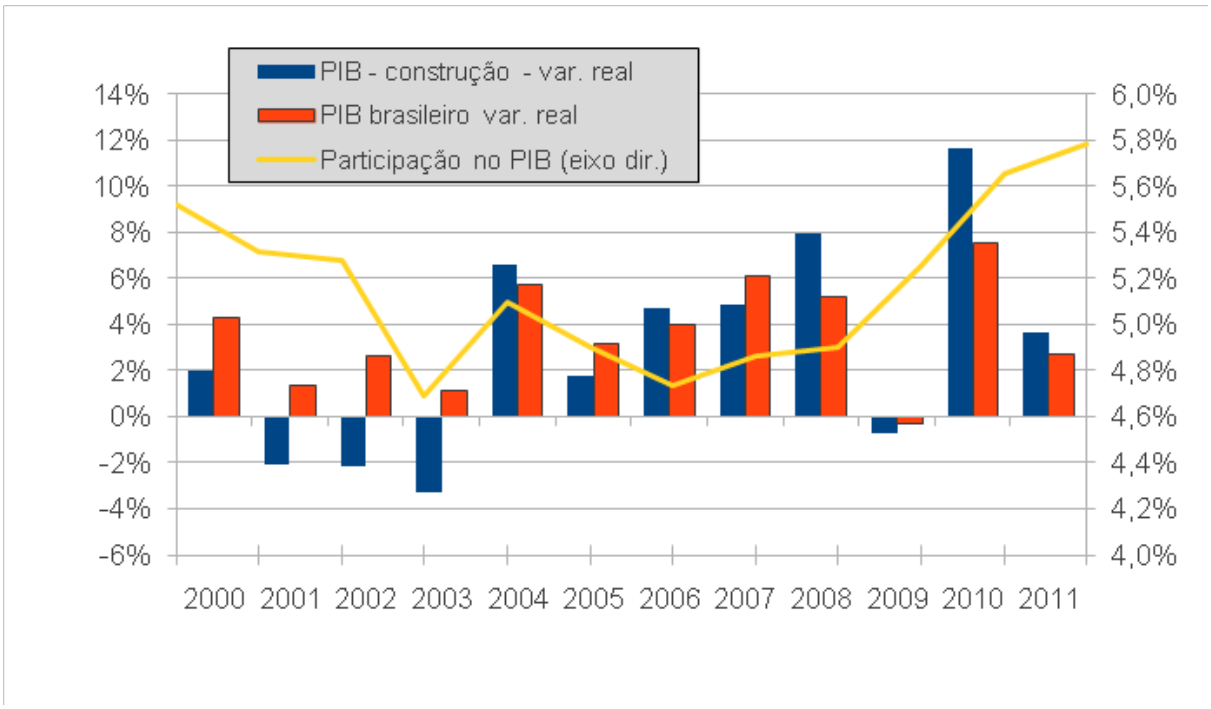
Fonte: dados do SNIC, compilação e gráfico dos autores.

Dentre as empresas que operam no Brasil, seis (SNIC, 2012) fazem parte do Cement Sustainability Initiative, organização voluntária que promove diversos estudos e divulga padrões de mensuração e reporte de emissão de GEEs para a indústria de cimentos. Nem todas as empresas do setor publicam informações financeiras ou relatórios de sustentabilidade.

6.2. PARTICIPAÇÃO NO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB)

Por o cimento ser um material essencial na construção civil, a análise econômica do setor está bastante relacionada ao desempenho do setor de construção civil. Após uma crise da construção civil no início da década de 2000, este setor passou a se recuperar a partir de 2004, impulsionado pela expansão do crédito imobiliário e do crescimento da renda familiar. Afetado pela retração da economia em 2009, o setor se recuperou nos dois anos subsequentes, apresentando crescimento real de 11,6% e 3,6% em 2010 e 2011, respectivamente. A construção civil é um importante componente do PIB brasileiro e, em 2011, atingiu uma participação de 5,8% do PIB anual, conforme Figura 16.

Figura 16: Comparação crescimento real do PIB brasileiro e valor adicionado da construção civil



Fonte: IBGE

A tendência de crescimento da construção civil se reflete no consumo de cimento no País. Em 2010, o consumo aparente absoluto e per capita atingiu novo recorde histórico de 311 kg/habitante (Figuras 17 e 18).

Figura 17: Consumo aparente de cimento absoluto e per capita nas últimas décadas

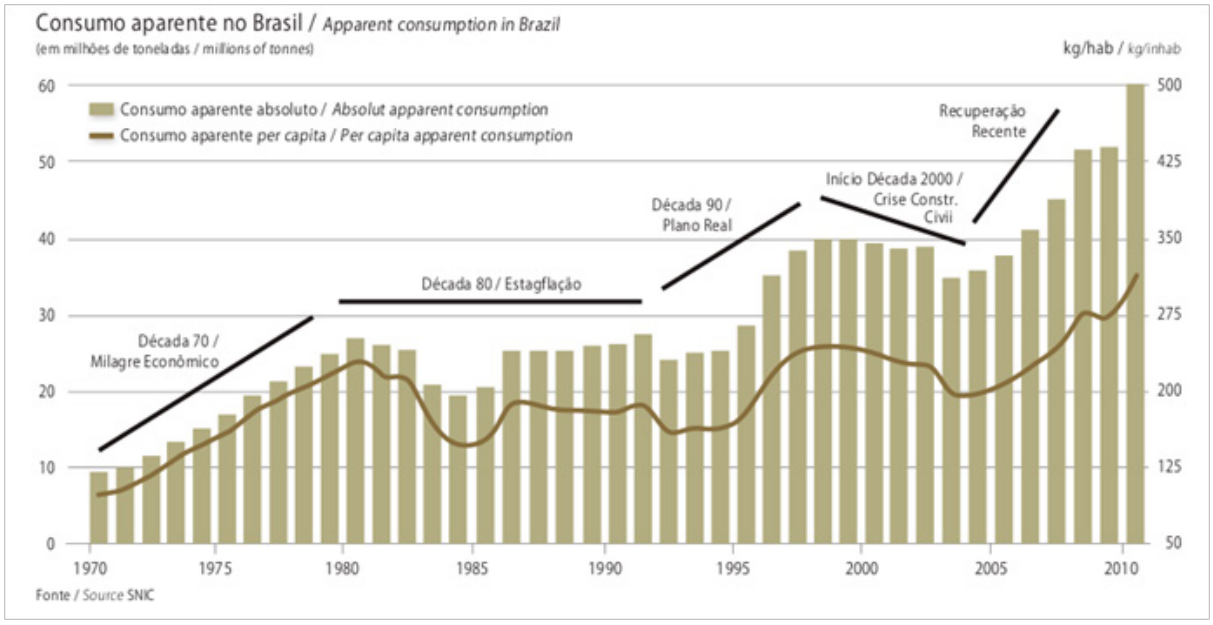


Tabela 11: Produção e consumo aparente de cimento nos últimos anos

ANO	Cimento*				
	Produção1 (mil t)	Consumo aparente (mil t)	Consumo per-Capita (Kg/hab)	Exportação (mil t)	Importação (mil t)
2000	39.901	39.710	232	186	160
2001	39.453	38.912	224	127	134
2002	38.927	38.873	220	106	145
2003	35.122	34.884	195	431	223
2004	35.984	35.734	197	565	253
2005	38.705	37.666	205	933	223
2006	41.895	41.027	221	1.046	202
2007	46.551	45.062	240	1.244	277
2008	51.970	51.571	272	515	278
2009	51.747	51.892	271	46	391
2010	59.117	60.008	311	36	853
Var. 10/09 (%)	14,24	15,64	14,76	(21,74)	118,16

FONTE: SNIC, dados consolidados pelo CBIC

Em 2009, o Brasil estava colocado na sétima posição dentre os maiores produtores de cimento. Em 2010, passou a ser o 6º maior produtor e 4º maior consumidor, conforme ilustrado na Tabela 12.

Tabela 12: Ranking dos produtores de cimento no mundo

Maiores produtores de cimento (em milhões de toneladas)
World leading producer country (millions of tonnes)

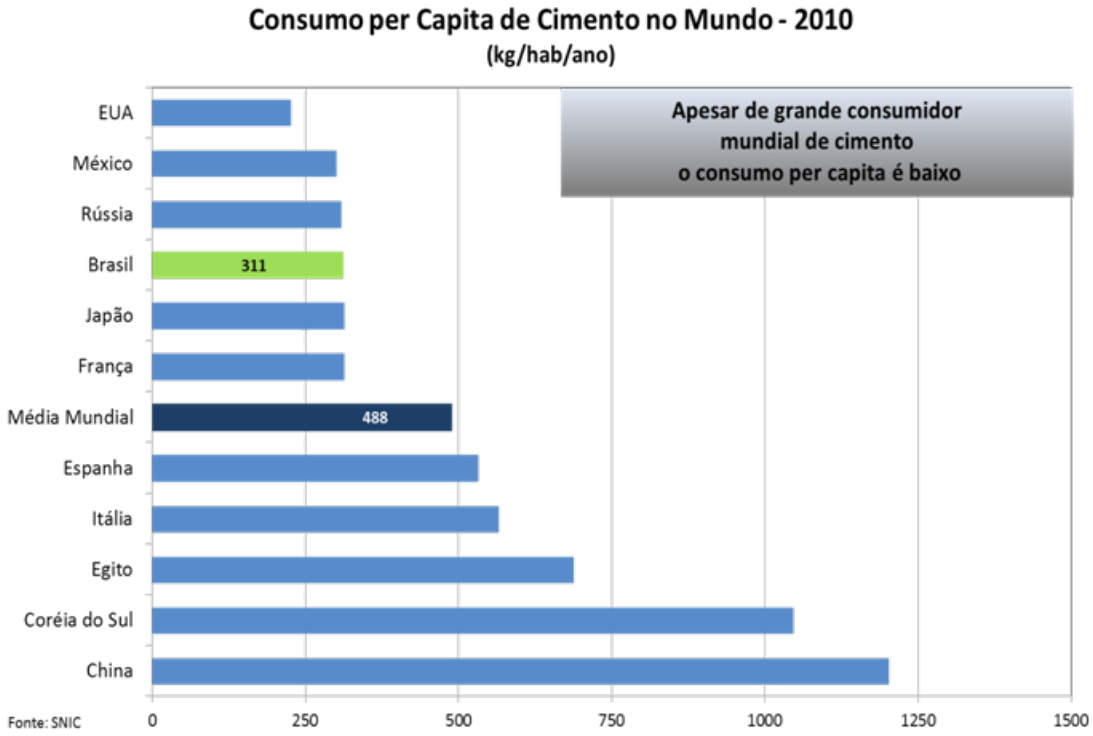
PAÍSES / *COUNTRY*	2003	2004	2005	2006	2007	2008*	2009*
1. China	862,5	967,8	1.079,6	1.253,5	1.379,0	1.401,2	1.657,1
2. Índia/*India*	126,7	136,9	146,8	162,0	172,9	186,1	190,0
3. Estados Unidos/*U.S.A*	92,9	97,4	99,4	98,2	95,5	86,5	64,0
4. Japão/*Japan*	73,8	72,4	72,7	73,2	71,4	67,6	59,6
5. Turquia/*Turkey*	38,1	41,3	45,6	49,0	50,8	53,4	57,6
6. Coréia do Sul/*Rep. of Korea*	59,7	55,8	49,1	51,4	54,4	55,1	52,2
7. Brasil **/*Brazil***	35,5	36,5	39,2	42,4	47,2	52,3	51,7
8. Irã/*Iran*	30,5	32,3	32,7	35,3	40,0	44,4	48,8
9. Vietnã/*Vietnam*	24,2	26,2	30,8	32,7	35,8	36,3	47,7
10. Egito/*Egypt*	32,7	35,5	38,9	39,2	40,1	40,1	46,9
11. Rússia/*Russia*	41,4	46,2	49,5	55,2	60,1	53,5	45,7
12. Indonésia/*Indonesia*	34,9	37,9	36,1	38,1	39,9	41,8	39,7
13. Arábia Saudita/*Saudi Arabia*	24,4	25,6	26,1	27,1	30,4	37,4	37,8
14. Tailândia/*Thailand*	35,6	36,7	37,9	41,3	43,2	39,5	37,7
15. México/*Mexico*	31,9	33,4	35,4	38,4	39,2	37,7	35,4
Total Mundial / *World Total*	2.017,0	2.181,9	2.344,8	2.608,0	2.797,7	2.841,5	3.033,0

(*) Dados preliminares / *Preliminary data*
(**) Produção ajustada. Vide pág. 31 deste relatório. / *Production adjusted. See page 31 of this report.*
Obs.: Classificação pela produção do ano 2009/ *Classified by 2009 production*
Incluída exportação de clínquer / *Included clinker exports*
Fontes/ *Sources:* Cembureau
SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
CANACEM - México

FONTE: SNIC

Entretanto, o consumo per capita nacional de cimento, quando comparado com países desenvolvidos e com aqueles que estão passando ou passaram recentemente por processo de desenvolvimento e construíram a sua infraestrutura (acima de 1.000 kg/hab/ano), ainda é relativamente baixo, conforme Figura 18 (SNIC, 2012).

Figura 18: Consumo per capita de cimento no mundo



O Brasil também possui um elevado déficit habitacional, em torno de 6,3 milhões de domicílios, e carece de investimentos em infraestrutura, tais como portos, aeroportos, rodovias, energia elétrica, saneamento, etc. (SNIC, 2012). Dentro de todo esse contexto, a produção de cimento no País apresentou um crescimento anual médio de 9% no período de 2005 a 2011. Para os anos de 2012 a 2014, está prevista uma variação de 7% ao ano e, somente entre 2015 e 2020, valores próximos a 5% ao ano (SNIC, 2012).

Assim, em um cenário referencial, o crescimento anual médio da produção de cimento corresponderá a 7% para o período considerado no Plano Indústria, de 2005 a 2020 (SNIC, 2012).

7. Crescimento nas taxas definidas pelo Plano Indústria

O valor de crescimento projetado pelo governo federal para o setor industrial como um todo é de 5% ao ano. A esse valor foi aplicada a meta de redução de 5% da emissão absoluta em 2020. Porém, esses números não refletem o cenário de crescimento do setor.

Conforme mencionado anteriormente, o setor espera uma taxa de crescimento média de 7% ao ano entre 2005 e 2020. Sendo assim, combinado com os atuais processos de baixo carbono já praticados, o setor enfrenta um grande desafio para reduzir ainda mais a emissão específica de CO2.

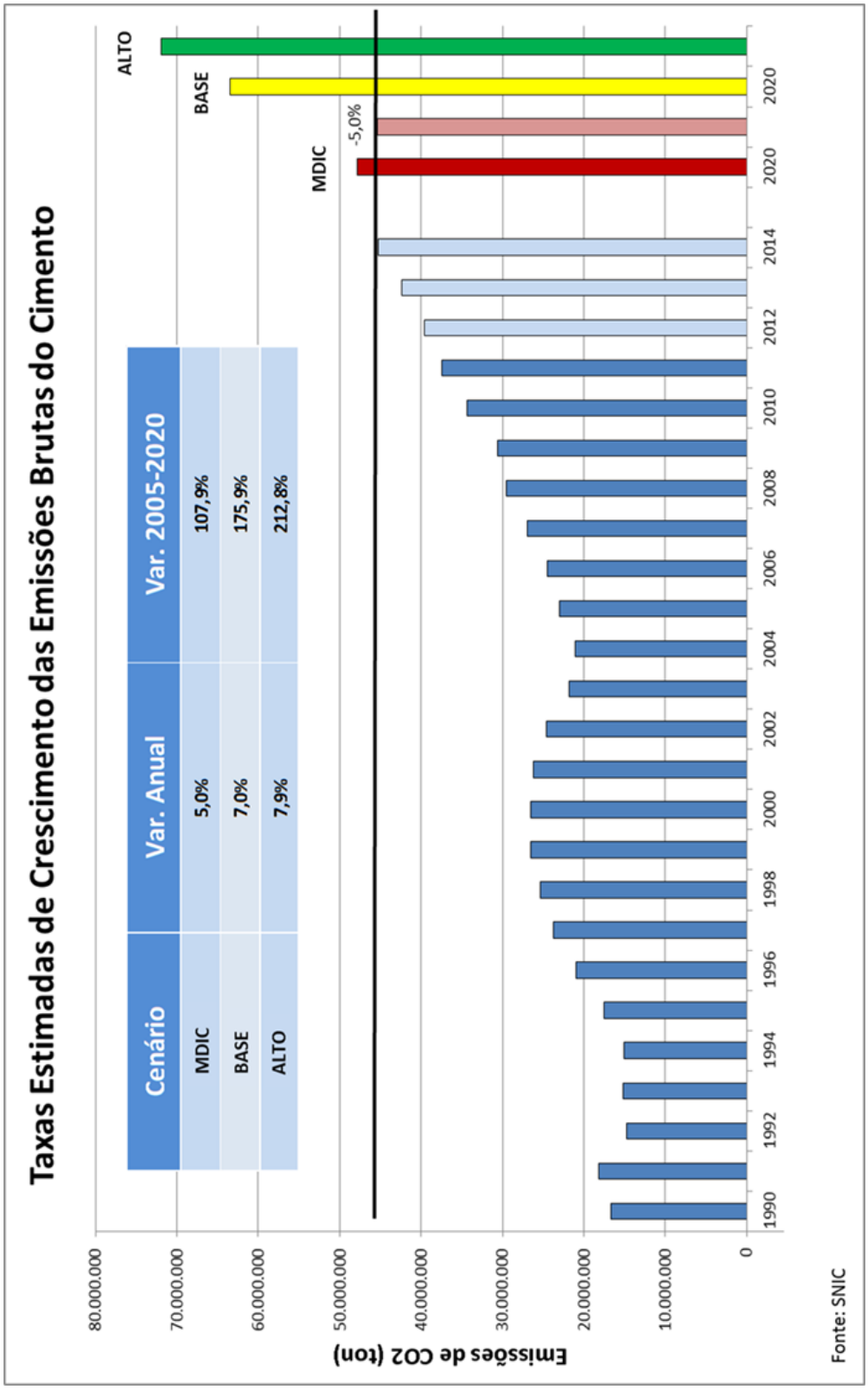
Quando se considera que o sucesso do setor em produzir de forma eficiente e pouco emissora depende também de insumos de outros setores, o cumprimento do cenário de baixo carbono proposto pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), sem impactos negativos sobre a produção, torna-se ainda mais difícil.

Na Figura 19, são apresentadas as emissões brutas estimadas do setor até 2011 e uma projeção dessas emissões até 2020. A taxa de crescimento utilizada foi 7% ao ano e é aqui chamada de cenário-base.

Nessa projeção, percebe-se que, em 2014, as emissões da indústria do cimento atingirão o patamar sugerido pela meta do governo federal, aqui denominado de cenário MDIC. A partir desse ponto, respeitando-se a meta, percebe-se que não poderia mais haver elevação na produção de cimento, mantendo o cenário business as usual.

Paralelamente, considerou-se, além do cenário-base, um cenário de alta demanda, imaginando que o Brasil atinja, em 2020, um consumo per capita de cimento igual àquele previsto para a média mundial. Esse cenário seria alcançado mediante uma variação anual média de 7,9% da produção, chamado de cenário alto.

Figura 19: Cenário emissão



8. Potencial de redução de emissões no setor

Por meio das reuniões técnicas, entrevistas e a bibliografia consultada sobre redução de emissões de GEE na produção de cimento, destacam-se as seguintes áreas potenciais de redução de emissão.

8.1. ALTERNATIVAS ATUALMENTE UTILIZADAS

Estas alternativas são atualmente utilizadas pelo setor globalmente e várias já são aplicadas e bem-sucedidas no País. Porém, a escolha das alternativas deve considerar as particularidades regionais e geográficas do setor.

8.1.1. EFICIÊNCIA TÉRMICA

8.1.1.1. EFICIÊNCIA DOS FORNOS

As tecnologias de produção mais recentes no setor de cimento geralmente são também aquelas que apresentam maior eficiência térmica. Plantas mais eficazes diminuem a quantidade de combustíveis consumida, assim reduzindo os custos relacionados a combustíveis e tornando-se as opções das empresas quando do investimento em novas plantas (WBCSD & IEA, 2009).

Garantir que os fornos, em que ocorre a clinquerização, sejam o mais eficientes possível é uma ação com alto potencial de mitigação de emissões de GEE. A tecnologia tida como mais avançada para os fornos é o chamado “processo via seca” de produção que pode se tornar ainda mais carbono-eficiente se combinado à processos de preaquecimento e pré-calcinação de última geração (WBCSD & IEA, 2009; EC, 2010 e ICF, 2009).

8.1.1.2. REAPROVEITAMENTO DE CALOR DOS FORNOS

Pode-se reaproveitar o calor dos fornos para a etapa de preaquecimento, além de outras etapas do processo produtivo. O calor também pode ser utilizado para auxiliar na eventual secagem de matérias-primas (EC, 2010).

Há também a opção de utilizar o calor para cogeração de energia elétrica (SNIC, 2012). No entanto, aponta-se que a cogeração pode não ter satisfatória relação de custo-eficiência e seu uso é pouco difundido (SNIC, 2012). Em estudo recente da Agência Internacional de Energia só há registro do uso de cogeração na indústria de cimento japonesa, por conta, provavelmente, dos altos preços da energia elétrica naquele país (IEA, 2007).

8.1.2. USO DE COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

A utilização de combustíveis alternativos nos fornos pode reduzir emissões. O balanço entre o poder calorífico do combustível alternativo e sua emissão de GEE deve ser considerado, pois o poder calorífico afeta a quantidade de combustível que será necessária. Resíduos (coprocessamento), biomassa e gás natural são atualmente utilizados como combustível, mas há espaço para uma participação mais significativa na matriz do setor.

8.1.3. CIMENTO COM ADIÇÕES

A prática de utilizar adições no cimento reduz a quantidade de clínquer necessária, diminuindo assim as emissões de GEE, quando comparada ao cimento sem adições. A localização geográfica das adições deve ser considerada, dado que a oferta destas se encontra em regiões distintas do País (SNIC, 2012). Por exemplo, as cinzas de termelétricas limitam-se à região Sul do País e a oferta de escórias siderúrgicas está concentrada quase que exclusivamente no Sudeste (SNIC, 2012).

8.2. ALTERNATIVAS LABORATORIAIS E DE ESTUDOS

Essas alternativas são consideradas de caráter secundário por estarem restritas a fase laboratorial e de estudos, e consequentemente não apresentam aplicabilidade em larga escala em um horizonte até 2020 (SNIC, 2012).

8.2.1. CAPTURA E ESTOCAGEM DE CARBONO (CEC)

Esta é uma alternativa sugerida na literatura, mas pouco praticada atualmente por encontrar-se em fase de desenvolvimento e aprimoramento.

8.2.2. NOVOS CIMENTOS

Existem alguns métodos alternativos de produção que são livres de clínquer. Consequentemente, o consumo de energia da planta pode ser potencialmente reduzido. Essas iniciativas ainda são muito recentes e, portanto, não apresentaram escala e viabilidade econômica suficiente para substituir a rota tecnológica atualmente predominante. Portanto, elas devem ser encaradas como possíveis alternativas no longo prazo. Iniciativas desses novos cimentos incluem Novacem (Novacem, 2012), Calera, Calix e cimento de geopolímero (IEA, 2009).

8.2.3. EFICIÊNCIA ELÉTRICA

8.2.3.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE MOTORES INDUSTRIAIS

Em todo o processo de produção do cimento é utilizado um número considerável de motores para conferir força motriz para diferentes etapas do processo como, por exemplo, garantir rotação aos sistemas de ventilação, transportar materiais, etc. Os motores utilizados são de combustão interna e os elétricos.

Outra medida capaz de aumentar a eficiência de motores é possibilitar que sua velocidade varie, dependendo da necessidade de trabalho requerida. Para tal, recomenda-se a instalação de inversores de velocidade ajustável (ASD). Motores com velocidade fixa desperdiçam energia quando estão trabalhando com capacidade reduzida (ICF, 2009 e EC, 2010). A eficiência de motores elétricos já foi considerada na Lei de Eficiência Energética (Lei no.10.295/2001) e detalhada no Decreto 4.508/2002.

8.2.3.2. EFICIÊNCIA DOS SEPARADORES

Separadores de matéria-prima que não disponham de um mecanismo moderno de separação acabam por retornar partículas finas junto às maiores para a moagem. Nesses casos ocorre perda desnecessária de energia, pois o material que já está adequadamente moído é devolvido para os moinhos, aumentando assim a capacidade utilizada dos separadores. Aponta-se também que separadores de última geração aumentam a qualidade final do produto (ICF, 2009).

Tabela 13: Ação de redução

Ação de redução	Potencial de redução	Disseminação no Brasil	Barreiras	Atores chave	P&D	Fontes de Financiamento	Investimento Necessário
Eficiência de fornos	Alto	Alto	Trocar o tipo de forno é viável só para novas plantas.	Produtores de cimento. Bancos.	Nulo	Bancos, recursos do produtor, BNDES	Muito alto
Reaproveitamento de calor dos fornos	Baixo	Alto	Este Retrofit depende do tipo de forno, da presença de preaquecedores. Pode ser necessário alterar esses dispositivos para instalar esta ação.	Produtores de cimento	Nulo	Bancos, recursos do produtor, BNDES	Alto / Muito alto
Coprocessamento de Resíduos	Alto	Médio	Morosidade no processo de licenciamento pelos órgãos ambientais e não cumprimento da legislação ambiental por parte dos geradores na destinação adequada dos resíduos.	Produtores de cimento, aterros, outros setores industriais, etc.	Baixo (depende do combustível)	Recursos do produtor; gerador de resíduos	Baixo/médio
Combustíveis alternativos	Alto	Médio	A oferta de combustíveis alternativos pode ser escassa ou de difícil acesso. O poder calorífico do combustível pode não ser alto o suficiente se comparado ao seu custo.	Produtores de cimento, aterros, outros setores industriais, etc.	Baixo (depende do combustível)	Recursos do produtor	Baixo/médio (depende da disponibilidade do tipo de combustível)
Cimento com adições	Alto	Muito alto	A oferta de materiais adicionáveis pode ser restrita.	Produtores de cimento	Baixo	Bancos, recursos do produtor, BNDES	Baixo/médio (depende da disponibilidade)
Captura e Estocagem de Carbono (CEC)	Alto	Nulo	Nova tecnologia de baixa maturidade, alto risco de investimento, escala produtiva baixa ou inexistente, oferta de matérias-primas pode ser baixa.	Academia, Indústrias de bens de capital, empreendedores, indústria de capital de risco.	Muito alto	Recursos para pesquisa, incubadoras tecnológicas, capital semente, fundos públicos	Muito alto

Fonte: elaboração própria com base nas ações de mitigação levantadas

9. Cenários de baixo carbono

9.1. POSSÍVEIS POTENCIAIS REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO2EQ

Um dos grandes geradores de emissões deste setor é o consumo de combustível para a produção de energia térmica. Na indústria cimenteira, isso ocorre principalmente na etapa de produção do clínquer, na qual grande parte do combustível é destinada a alimentação dos fornos.

Objetivando essa redução progressiva da emissão de CO2eq originada a partir da queima dos combustíveis fósseis, principalmente coque de petróleo, realizaram-se estudos nos quais se tentou conciliar a possibilidade real de troca ou redução significativa de energéticos. Para isso foram propostos dois cenários: pessimista[3] (cenário MDIC) e continuidade (cenário-base). [4]

9.2. DELIMITAÇÕES DO ESTUDO E METODOLOGIA

Este estudo consistiu basicamente na análise de possíveis substitutos energéticos para a indústria do cimento, no que tange a produção de energia térmica.

A metodologia utilizada consistiu, primeiramente, na projeção do consumo total de energia necessária para atender ao volume de produção estimado para o período em análise. Esta projeção foi calculada com base no consumo energético (TJ) dos anos anteriores. A partir deste ponto foram feitas simulações das quantidades energéticas a serem consumidas de cada um dos combustíveis utilizados na indústria do cimento: gás natural (GN), carvão mineral (CM), óleo diesel (OD), óleo combustível (OC), carvão vegetal (CV), coque de petróleo (CP) e coprocessamento[5] (CoP).

3 Dados projetados com base na referência da taxa de crescimento médio de 2005 a 2020 do setor de cimentos estimado pelo MDIC;
4 Dados projetados com base na referência da taxa de crescimento médio de 2005 a 2020 informada pelo SNIC
5 Na etapa de coprocessamento relacionada à utilização de materiais alternativos como combustível do forno, considerou-se a mistura de resíduos industriais, conforme CSI (60%), e pneus (40%).

As sugestões propostas neste estudo referem-se apenas aos combustíveis até hoje utilizados na indústria do cimento, havendo apenas alterações quanto à quantidade de cada um destes.

Neste cenário, primeiramente determinou-se quais seriam os combustíveis a serem parcialmente substituídos na indústria cimenteira. Para tanto, foram considerados os seguintes parâmetros: tendência de redução ou redução nos últimos 10 anos e participação percentual de pequeno porte nos últimos 5 anos.

Baseado nestes parâmetros, determinou-se que carvão mineral poderia ser substituído da matriz energética do setor. O óleo combustível e o óleo diesel, por serem necessários quando ocorre a utilização de energéticos de menor poder caloríficos, serão mantidos na faixa usual. Sugere-se, também, um aumento gradativo do uso dos seguintes energéticos: coprocessamento, carvão vegetal e gás natural. A Tabela 14 apresenta a evolução dessa troca de combustíveis.

Tabela 14: Evolução da participação dos energéticos na indústria de cimento

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
GÁS NATURAL	1,50%	2,00%	3,00%	3,00%	4,00%	5,00%	5,50%	6,00%	8,00%	8,00%	10,00%	12,00%	12,00%
CARVÃO MINERAL	1,50%	1,25%	1,00%	0,75%	0,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
BIOMASSA (MADEIRA)	0,50%	0,75%	0,75%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
ÓLEO DIESEL	1,20%	1,10%	1,00%	0,75%	0,75%	1,00%	1,00%	1,30%	1,30%	1,30%	1,50%	1,00%	1,00%
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0,75%	0,75%	0,75%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	1,00%	1,00%
CARVÃO VEGETAL	7,50%	7,50%	8,00%	8,00%	9,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	12,50%	12,50%	12,50%	12,50%
COQUE DE PETRÓLEO	75,00%	72,50%	70,00%	67,50%	65,00%	60,00%	57,50%	55,00%	50,00%	47,50%	45,00%	42,50%	42,50%
CO-PROCESSAMENTO	12,05%	14,15%	15,50%	18,00%	18,75%	22,00%	24,00%	26,20%	29,20%	29,20%	29,50%	30,00%	30,00%

9.3. ANÁLISE DAS EMISSÕES DE CO2EQ PARA OS CENÁRIOS ESTUDADOS

Um dos principais parâmetros a serem analisados quando se trata de emissões é o indicador de intensidade de emissão de CO2eq por quantidade de cimento produzida. Os gráficos que retratam os cenários continuidade e pessimista, respectivamente, demonstram que com as alterações energéticas propostas o valor deste indicador apresenta redução ao longo dos anos.

Neste mesmo gráfico há também a evolução do indicador de emissão de CO2eq por quantidade de energia consumida, o qual também apresenta redução. Ou seja, a diminuição do coque de petróleo e do carvão mineral traz benefícios ambientais para o setor.

Figura 20: Comportamento dos indicadores de emissão de CO2eq e emissão de CO2eq por energia consumida – cenário continuidade

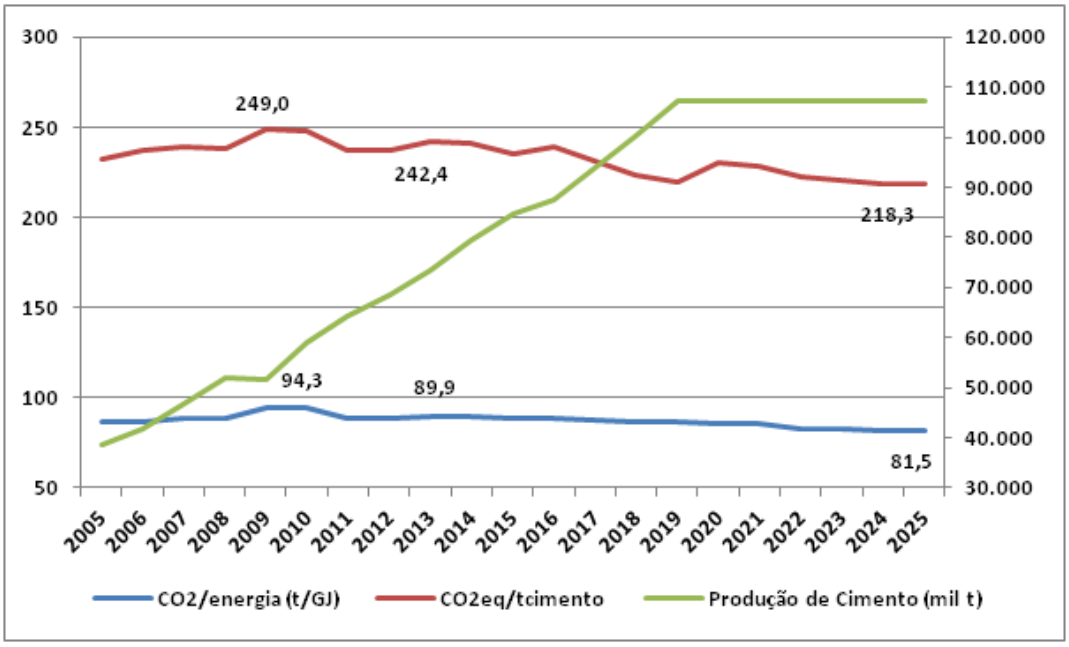


Figura 21: Comportamento dos indicadores de emissão de CO2eq e emissão de CO2eq por energia consumida – cenário pessimista

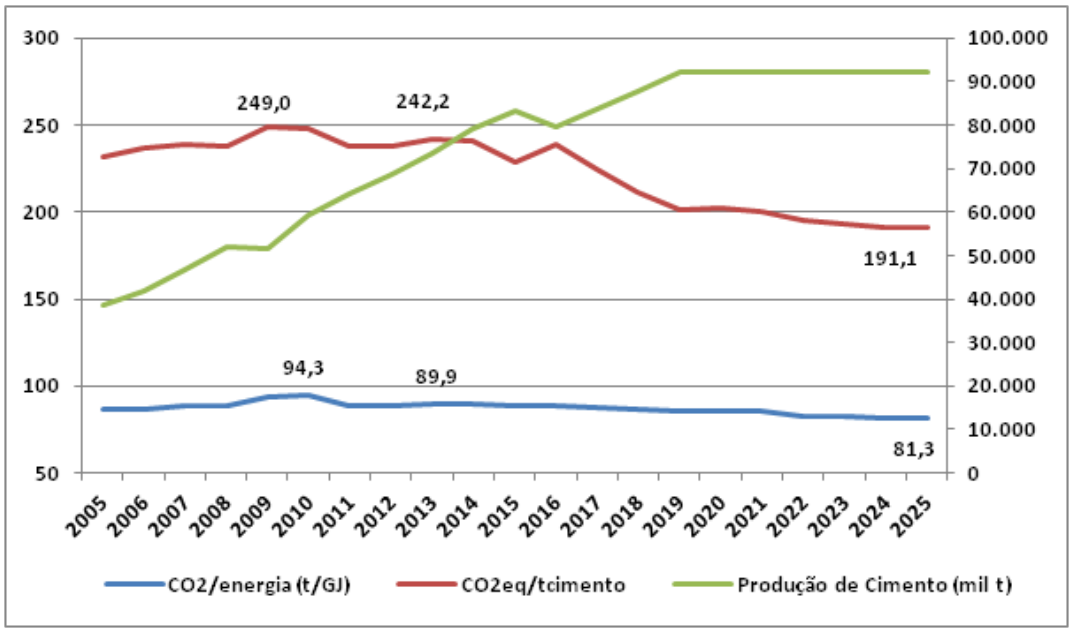


Figura 22: Evolução da participação por combustível na emissão de CO2eq para o cenário de continuidade

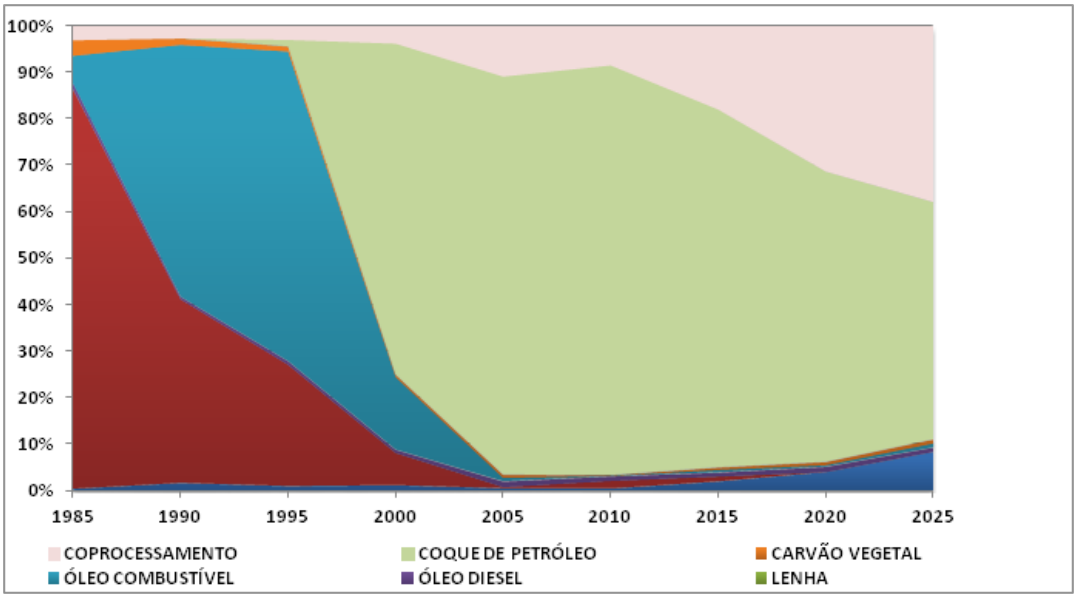
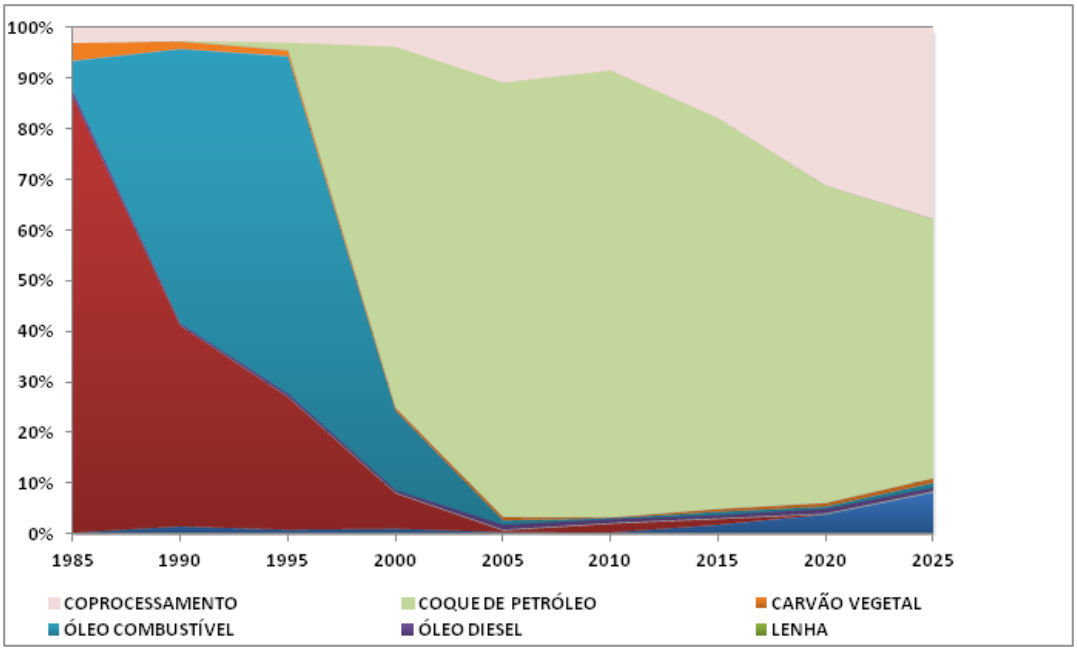


Figura 23: Evolução da participação por combustível na emissão de CO2eq para o cenário pessimista



9.4. ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE DE COMBUSTÍVEIS

Quando se trabalha com substituição de combustíveis no setor industrial, a análise da relação oferta/demanda futura dos combustíveis escolhidos é importante. Para tanto, se deve prever o consumo médio de combustível, no mínimo, nos próximos dez anos, e confrontar estes dados com as possíveis situações de oferta. As tabelas 15 e 16 apresentam a previsão de consumo dos combustíveis para o estudo em questão, para os cenários: continuidade e pessimista, respectivamente.

Tabela 15: Previsão de consumo de combustíveis fósseis e taxas de substituição do energético para o cenário de continuidade

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
PRODUÇÃO DE CIMENTO	(mil t)	73.515,17	79.330,00	84.883,10	87.630,00	93.764,10	100.327,59	107.350,52	107.350,52	107.350,52	107.350,52	107.350,52	107.350,52	107.350,52
GÁS NATURAL	$10^6 m^3$	80,67	116,07	186,29	192,31	274,37	366,97	431,92	471,19	628,25	628,25	785,31	942,38	942,38
CARVÃO MINERAL	t	105,38	94,77	81,12	62,81	44,80	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOMASSA (MADEIRA)	t	76,32	123,53	132,18	181,94	194,68	208,31	222,89	222,89	222,89	222,89	222,89	222,89	222,89
ÓLEO DIESEL	t	56.218,49	55.609,77	54.093,14	41.882,73	44.814,52	63.935,39	68.410,86	88.934,12	88.934,12	88.934,12	102.616,30	68.410,86	68.410,86
ÓLEO COMBUSTÍVEL	t	37.009,34	39.936,66	42.732,23	58.820,12	62.937,52	67.343,15	72.057,17	36.028,59	36.028,59	36.028,59	36.028,59	72.057,17	72.057,17
CARVÃO VEGETAL	t	549.325,29	592.775,25	676.554,15	698.448,10	840.756,90	999.566,54	1.069.536,20	1.069.536,20	1.069.536,20	1.336.920,25	1.336.920,25	1.336.920,25	1.336.920,25
COQUE DE PETRÓLEO	t	4.229.789,12	4.412.207,46	4.558.266,74	4.537.713,25	4.675.525,28	4.617.980,35	4.735.354,02	4.529.469,06	4.117.699,15	3.911.814,19	3.705.929,23	3.500.044,27	3.500.044,27
RESÍDUOS	t	485.076,74	614.667,58	720.442,54	863.717,53	962.685,16	1.208.619,13	1.410.788,15	1.540.110,40	1.716.458,92	1.716.458,92	1.734.093,77	1.763.485,19	1.763.485,19
PNEU	t	323.384,49	409.778,39	480.295,02	575.811,69	641.790,11	805.746,09	940.525,43	1.026.740,26	1.144.305,94	1.144.305,94	1.156.062,51	1.175.656,79	1.175.656,79

Tabela 16: Previsão de consumo de combustíveis fósseis e taxas de substituição do energético para o cenário pessimista

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
PRODUÇÃO DE CIMENTO	(mil t)	73.515,17	79.330,00	83.296,50	79.710,00	83.695,50	87.880,28	92.274,29	92.274,29	92.274,29	92.274,29	92.274,29	92.274,29	92.274,29
GÁS NATURAL	$10^6 m^3$	80,67	116,07	182,80	174,93	244,91	321,44	371,26	405,01	540,02	540,02	675,02	810,03	810,03
CARVÃO MINERAL	t	105,38	94,77	79,60	57,13	39,99	-	-	-	-	-	-	-	-
BIOMASSA (MADEIRA)	t	76,32	123,53	129,71	165,50	173,77	182,46	191,59	191,59	191,59	191,59	191,59	191,59	191,59
ÓLEO DIESEL	t	56.218,49	55.609,77	53.082,05	38.097,37	40.002,24	56.003,13	58.803,29	76.444,28	76.444,28	76.444,28	88.204,94	58.803,29	58.803,29
ÓLEO COMBUSTÍVEL	t	37.009,34	39.936,66	41.933,50	53.503,95	56.179,15	58.988,11	61.937,51	30.968,76	30.968,76	30.968,76	30.968,76	61.937,51	61.937,51
CARVÃO VEGETAL	t	549.325,29	592.775,25	663.908,28	635.322,36	750.474,54	875.553,63	919.331,31	919.331,31	919.331,31	1.149.164,13	1.149.164,13	1.149.164,13	1.149.164,13
COQUE DE PETRÓLEO	t	4.229.789,12	4.412.207,46	4.473.065,49	4.127.594,69	4.173.456,85	4.045.042,80	4.070.324,32	3.893.353,69	3.539.412,45	3.362.441,83	3.185.471,20	3.008.500,58	3.008.500,58
RESÍDUOS	t	485.076,74	614.667,58	706.976,32	785.654,73	859.309,86	1.058.669,75	1.212.658,08	1.323.818,40	1.475.400,66	1.475.400,66	1.490.558,89	1.515.822,60	1.515.822,60
PNEU	t	323.384,49	409.778,39	471.317,55	523.769,82	572.873,24	705.779,83	808.438,72	882.545,60	983.600,44	983.600,44	993.705,93	1.010.548,40	1.010.548,40

9.4.1. GÁS NATURAL

Conforme dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2012), nos últimos dez anos a produção de gás natural (GN) apresentou crescimento de 63,85%, enquanto as reservas provadas aumentaram em 89,92%, para o mesmo período. O aumento dessas reservas mostra uma evolução do setor como um todo, além de acenar para a possibilidade real de aumento da produção deste insumo energético.

Conforme a ANP, no ano de 2010 foram consumidos cerca de 8.086 milhões de m3 de GN, sendo que o crescimento do consumo quando comparado ao ano de 2009 foi de 31,26%. Outro ponto que favorece a oferta desse energético é sua importação. Atualmente há duas formas de importação: a primeira através do gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), pelo qual, no ano de 2010, foram transportados 9.820 milhões de m3. A segunda forma de importação ocorre por meio de terminais de Gás Natural Liquefeito (GNL), localizados em Pecém/CE (capacidade de 7 milhões de m3) e na Baia de Guanabara/RJ (capacidade de 14 milhões de m3).

Conforme estudo apresentado no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE, 2008), as projeções de volume de GN a ser produzido no Brasil para os anos de 2020 e 2030 são de 75.190 milhões de m3 e 164.250 milhões de m3, respectivamente. Valores, que no montante diário representariam 206 milhões de m3 em 2020 e 450 milhões de m3 em 2030. A EPE (2008), autora do PNE 2030, justifica esses dados com base no crescimento médio anual de 8,4% do setor ao longo do período de 1995 a 2005. As projeções consideraram o crescimento histórico e também a entrada em operação de novas unidades produtoras do energético.

Nos cenários analisados, o consumo de GN atingirá seu valor máximo no ano de 2024, distribuídos da seguinte forma: continuidade com consumo de 2,58 milhões de m3/d e o pessimista com consumo de 2,22 milhões de m3/d.

Ou seja, há espaço para que a indústria de cimento possa optar pelo aumento da participação dessa alternativa energética. Em casos onde a empresa localize-se distante da rede de gasodutos, é possível que o abastecimento ocorra por distribuição a granel do GN, em que há duas opções: GNL, no qual será necessário que a empresa consumidora tenha uma unidade de regaseificação, ou o Gás Natural Comprimido (GNC), para o qual as instalações necessárias são mais simples.

9.4.2. CARVÃO VEGETAL

Conforme dados do BEN 2011, a produção de carvão vegetal (CV) nos últimos 10 anos apresenta média de 8,58 milhões de toneladas. O consumo acompanha o volume produzido, não havendo importação ou exportação do energético em quantidades significativas.

O comportamento da produção de CV nos últimos 10 anos apresentou capacidade máxima de 10,05 milhões de toneladas em 2004 e 9,89 milhões de toneladas em 2008. Com tais dados, torna-se possível concluir que há espaço para que ocorra um novo aumento da produção, caso haja demanda necessária para tal.

O Plano Decenal de Energia (2010) aponta que para o período de 2010 a 2015 haverá um crescimento médio anual de 7%, o que acarretaria em uma demanda de 11,2 milhões de toneladas em 2015. Já para o período entre 2015 a 2020, a previsão é de que o incremento na demanda ocorra de forma mais suave, apresentando média de crescimento anual de 1,3%. Com isso, a demanda para 2020 seria em torno de 12 milhões de toneladas. O crescimento médio para o período apresenta-se como 4,2% (entre 2010 a 2020). Utilizando esse crescimento médio para projetar a demanda de 2025, conclui-se que esta apresentaria o valor de 14,4 milhões de toneladas.

Nos cenários analisados, o consumo de CV atingirá seu valor máximo no ano de 2022, distribuídos da seguinte forma: continuidade com consumo de 1,33 milhão de toneladas (8,46% da demanda prevista); pessimista com consumo de 1,15 milhão de toneladas (7,39% da demanda prevista).

Como o maior consumidor do CV é o setor industrial e normalmente a produção é adequada ao padrão de consumo, há possibilidades de que o setor de cimento possa ter sua demanda atendida.

Quanto à biomassa, a principal barreira para sua utilização em larga escala está relacionada a questões logísticas. A localização da unidade consumidora próxima à unidade produtora/geradora de biomassa reduz a chance de que o gasto com transportes e subsequente armazenamento inviabilizem a operação. Outra forma recomendada é que a empresa consumidora opte pela plantação energética, ou seja, destine uma área para a plantação, por exemplo, de eucaliptos.

As indústrias de cimento que se localizem próximas a unidades de beneficiamento de produtos agrícolas tais como milho, soja, arroz, podem utilizar os resíduos gerados por estas empresas. Há também a possibilidade de se utilizar os resíduos gerados nas usinas de canavieiras, pois podem ocorrer disponibilidades de bagaço e palha da cana-de-açúcar colhida.

9.4.3. RESÍDUOS (COPROCESSAMENTO)

Para efeitos desse estudo, considerou-se que a mistura do coprocessamento é composta de 40% pneu e 60% de mistura de resíduos industriais.

No ano de 2024, quando se atingirá a participação máxima dos resíduos, a quantidade necessária para alimentar os fornos será assim distribuída: cenário de continuidade com 1,76 milhão de tonelada; cenário pessimista com 1,52 milhão de tonelada.

Já a quantidade máxima de pneu que será necessária para alimentar os fornos, a considerar a mesma situação, será assim distribuída: cenário de continuidade: 1,18 milhão de toneladas (equivalente a 187 milhões de pneus de carro de passeio ou 17,3 milhões de pneus de caminhão); cenário pessimista com 1,01 milhão de toneladas.

Para que se possa apostar no aumento da quantidade de resíduos a serem co-processados, seria necessária uma projeção mais precisa da disponibilidade desses insumos.

Sobre a quantidade de pneu, é plausível acreditar que haverá essa disponibilidade, visto que há um aumento contínuo em sua produção. Porém, ressalta-se que maiores esforços deveriam ser feitos em políticas públicas, para o recolhimento dos pneus em pontos centrais de coletas, facilitando a organização da logística entre as empresas de cimento no acesso a esse material.

9.5. RECOMENDAÇÕES PARA APLICAÇÃO DOS CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO

Para que seja possível a implementação de cenários de baixo carbono, baseados principalmente na substituição de combustíveis, torna-se necessário que cada unidade produtora de cimento realize uma avaliação técnica e econômica em que sejam compreendidos itens como: capacidade de adaptação dos fornos para os combustíveis sugeridos (aumento do uso de gás natural e carvão vegetal, visando a redução de coque de petróleo), volume interno dos fornos (carvão vegetal possui poder calorífico inferior ao coque de petróleo, necessitando de maior quantidade para se obter a mesma energia); disponibilidade, acesso e custo final do combustível e também o impacto das adaptações no preço final do produto obtido. A mesma lógica deve ser aplicada quanto ao uso ou aumento do uso de combustíveis alternativos como pneus e resíduos industriais de outros setores e biomassa (resíduos agrícolas, florestais etc.).

O apoio governamental, por meio da implantação de políticas públicas que possam favorecer o uso dos cenários de baixo carbono apresentados, poderia ser voltado principalmente à circulação de resíduos industriais entre municípios e estados, evitando assim, que esses resíduos, muitas vezes rico em concentração de carbono, sejam apenas descartados.

Quanto ao aumento do uso de gás natural pelo setor, recomenda-se a análise de uma possível política de subsídio gradual ou uma política de preços para consumidores de grandes volumes, visto que o custo do insumo é uma das principais barreiras para que seu uso seja adotado. Outras formas de políticas públicas que promovam o mesmo incentivo também podem ser discutidas diretamente com o setor.

A questão do uso da biomassa a ser queimada nos fornos da indústria de cimento, embora não tenha sido sugerida diretamente nos cenários de baixo carbono, pode ser uma prática futura para o setor. Porém, alguns pontos devem ser observados, tais como: análise de viabilidade técnica e econômica e a questão logística. Quanto mais próxima da unidade produtora de

cimento se localizar a biomassa, mais viável se torna seu uso. Normalmente resíduos agrícolas, florestais além de apresentarem baixas quantidades de carbono, necessitam de alguns pré-tratamentos, como: secagem e trituração, etapas que garantiriam uma queima mais eficiente. No cenário proposto, apenas foi mantida a média que atualmente é consumida pelo setor, o aumento de seu uso pode ser considerado como uma atitude para redução da emissão de gases do efeito estufa.

10. Recomendações de políticas públicas

Baseadas nas informações anteriormente mencionadas e na pesquisa empregada nessa nota, seguem abaixo recomendações de políticas públicas com o objetivo de manter e melhorar o posicionamento do setor de cimento brasileiro no contexto nacional e internacional.

Por meio dessas recomendações, é possível reduzir a intensidade carbônica do setor, cuja produção crescerá em termos absolutos nos próximos anos.

10.1. AUMENTAR A OFERTA E O USO DE ADIÇÕES AO CIMENTO

A técnica de utilizar adições ao cimento já é praticada há 50 anos pelo setor no Brasil. Embora o país seja referência internacional no uso desta alternativa, no cenário base, a proporção de adições por tonelada de clínquer poderá diminuir anualmente por conta da oferta limitada de matérias que podem ser utilizadas como adições ao cimento. Isso ocorrerá pelo fato da oferta de adições, que advém de outros setores industriais, tal como o siderúrgico e o de termelétricas, não conseguir acompanhar o crescimento da produção do cimento nos próximos anos (SNIC, 2012).

Para manter suas baixas emissões de CO2 específico, o setor necessita de uma maior oferta de adições.

Políticas públicas e ações necessárias

Pesquisa e desenvolvimento (P&D). Financiar pesquisas e desenvolvimento sobre novas fontes de matérias que podem ser utilizadas como adições. P&D deve ser feito dentro dos setores que atualmente trabalham com o setor cimenteiro e também em setores que hoje não tem relacionamento com o setor.

Incentivos fiscais para empresas que exploram fontes alternativas de adições ao cimento. Oferecer incentivos fiscais para empresas que exploram novas fontes alternativas de adições e desenvolvem novos tipos de cimento através do uso dessas fontes.

Adequar as atuais normas técnicas de cimento para permitir o uso de cimento com proporções maiores e/ou novos tipos de adições. Atualmente, há normas para todos os tipos de cimento existentes no Brasil. Para incentivar a criação de novos tipos de cimento e promover novas utilizações para o cimento, há de se criar novas normas ou adequar as normas existentes para permitir o uso de específico tipos de cimento, respeitando medidas de segurança definidas pela ABNT.

10.2. AUMENTAR O USO DE COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

O coque de petróleo representa uma parte significativa do combustível utilizado na produção de cimento, registrando aumento crescente nos últimos dez anos. Esse insumo é utilizado por conta da sua oferta, poder calorífico e preço.

Os gastos com combustíveis representam o item de maior peso na formação dos custos de fabricação do cimento. Nesse sentido, propostas de mudanças de sua matriz energética devem levar em consideração os preços dos combustíveis sugeridos, bem como da viabilidade do seu suprimento e dos investimentos necessários para a sua implantação, evitando-se, com isso, impactos negativo no custo e no preço final do produto.

Com o intuito de reduzir as emissões do processo produtivo do cimento, recomenda-se a substituição de coque de petróleo por outros combustíveis menos emissores.

Dentre as alternativas possíveis, o gás natural surge como o de maior possibilidade de utilização pela indústria do cimento no país. O GN apresenta baixo nível de emissões desse energético e alto poder calorífico, além de haver perspectivas de expansão de sua oferta. Nesse sentido, recomendam-se políticas públicas que viabilizem a sua utilização pelo setor cimenteiro.

Políticas públicas e ações necessárias

Estudos técnicos. Realizar estudos técnicos sobre insumos inexplorados pelo setor de cimento que podem ser utilizados como combustíveis alternativos nos fornos. Estudos técnicos que quantifiquem a oferta de combustíveis alternativos, explorados e inexplorados, devem ser conduzidos, contemplando as potenciais barreiras logísticas, de custo e regulatórias à utilização desses combustíveis alternativos.

Pesquisa e desenvolvimento. P&D deve ser conduzido sobre novos tipos de combustíveis ainda não utilizados pelo setor. Deve-se também explorar potenciais combustíveis provenientes de outras indústrias.

Incentivos fiscais e creditícios para empresas que realizam estudos pilotos e testes com combustíveis alternativos. Empresas que exploram novos tipos de combustíveis em seus fornos poderiam receber incentivos fiscais, principalmente em casos em que modificações nos fornos são necessárias.

10.3. AUMENTAR O USO DE COPROCESSAMENTO

Atualmente, cerca de 75% das fábricas integradas no Brasil fazem coprocessamento de resíduos. Estes resíduos substituem aproximadamente 9% de combustíveis fósseis não-renováveis, equivalente a 1 milhão de toneladas de resíduos por ano, apesar da capacidade de coprocessamento ser de 2,5 milhões de toneladas ao ano.

Políticas públicas e ações necessárias

Licenciamento ambiental. Agilizar o processo de obtenção de licenças para coprocessamento de resíduos. Atualmente, entraves burocráticos provocam demora no licenciamento.

Cumprimento da Legislação. Aumentar a fiscalização por parte do poder público para dar uma destinação ambientalmente correta aos resíduos, conforme previsto na legislação.

Valorização Energética: Apesar da indústria do cimento ter capacidade para expandir a utilização de resíduos como substitutos de combustíveis fósseis não-renováveis, a valorização energética de resíduos no país é ainda incipiente quando comparado a países desenvolvidos. Fomentar o reaproveitamento energético dos resíduos, bem como integrar a Política Nacional de Mudanças Climáticas com a Política Nacional de Resíduos Sólidos é fundamental para aumentar a disponibilidade e consequente utilização deste tipo de combustível alternativo.

Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos. Além de resíduos industriais, a indústria do cimento está capacitada para destruir resíduos sólidos urbanos (RSU), desde que devidamente triados. Em cidades onde a coleta seletiva é amplamente difundida e implementada, com segregação criteriosa dos resíduos, aqueles que não podem ser reciclados ou reutilizáveis, têm poder calorífico e se encontram dentro dos parâmetros exigidos, podem ser coprocessados. Estimular a coleta seletiva nos municípios brasileiros, além de evitar a saturação dos aterros e lixões, pode ajudar na substituição de combustíveis fósseis não renováveis e diminuir as emissões resultantes, observando a legislação aplicável.

Incentivos fiscais e creditícios para plantas com fornos que possibilitam um taxa de coprocessamento elevada. As tecnologias mais recentes de fornos permitem que entre 50 e 70% dos combustíveis queimados no forno sejam resíduos. Novas instalações que possibilitem taxas de substituição maiores terão acesso a taxas de crédito diferenciadas e/ou incentivos fiscais.

10.4. GARANTIR O USO DA MELHOR TECNOLOGIA EM NOVAS PLANTAS DE PRODUÇÃO DE CIMENTO

O atual parque industrial brasileiro afeta positivamente a intensidade carbônica do setor. Para o setor cimenteiro brasileiro manter o seu posicionamento, recomenda-se que as novas instalações projetadas obtenham a melhor tecnologia disponível no mercado.

Políticas públicas e ações necessárias

Pesquisa e desenvolvimento. Para garantir a aplicabilidade e funcionamento das melhores tecnologias no Brasil, há de financiar P&D em novas tecnologias que consideram as especificações do setor.

Incentivo creditícios para novas plantas que utilizem a melhor tecnologia. Novas instalações no setor contam com um investimento médio de aproximadamente US$ 300 milhões e entre três e cinco anos para se tornarem operacionais. Sendo assim, ao ser aberta, uma nova instalação de cimento que esteja utilizando a melhor rota tecnológica disponível, com relação a energia térmica e processos industriais, poderá obter condições de financiamento diferenciadas no mercado.

11. Bibliografia

Associação Brasileira de Cimento Portland [ABCP]. 2002. Boletim Técnico n°106: Guia básico de utilização do cimento Portland.

Cement Sustainability Initiative [CSI]. Global Cement Database on CO2 and Energy Information (GNR – Getting the Numbers Right).

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental [Cetesb]. 1° Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente - Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Confederação Nacional da Indústria [CNI]. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. 2010. Brasil: Brasília.

European Comission [EC]. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. May 2010.

ICF International. Sector-based Approaches Case-Study: Brazil. (The Cement Industry). 29 Jul 2009. Disponível em http://www.ccap.org/docs/resources/697/Brazil%20Cement%20Sector%20Case%20Study.pdf

Information Office of the State Council of the People's Republic of China. 'China's Policies and Actions for Addressing Climate Change' (2008) <http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File419.pdf>

IPCC 1996, Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes I, II and III. IPCC, Bracknell UK

IPCC 2000, Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC / IGES, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,

National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. http:// www.ipcc-nggip.iges.or.jp

The Loreti Group. Cement Sector Greenhouse Gas Emissons Reduction Case Studies. Mar 2009. Estados Unidos: Massachusetts. (Please use the following citation for this report: Loreti, Christopher, Cement Sector Greenhouse Gas Emissions Reduction Case Studies. California Energy Commission. CEC-600-2009-005)

Ministério de Ciência e Técnologia [MCT]. (2006). Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas. Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. Brasil: MCT, 2006

National Development and Reform Commission (NDRC), People's Republic of China, 'China's National Climate Change Programme' (2007) http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File188.pdf

National Development and Reform Commission (NDRC), People's Republic of China, 'China's Policies and Actions for Addressing Climate Change: The Progress Report' (2009) <http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File571.pdf>

Sindicato Nacional da Indústria de Cimento [SNIC]. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Ministério de Minas e Energia. 2010. Brasil.

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento [SNIC]. 2010. Relatório annual, 2010

Sindicato Nacional da Indústria do Cimento [SNIC]. 2012. Entrevistas, reuniões e textos validados com o SNIC.

Tsinghua University of China. 2008. "Assisting Developing Country Climate Negotiators through Analysis and Dialogue: Report of Energy Saving and CO2 Emission Reduction Analysis in China Cement Industry." Center for Clean Air Policy.

World Business Council for Sustainable Development Cement Sustainability Initiative [WBCSD-CSI]. 2008. Cement Industry Energy and CO2 Performance: "Getting the Numbers Right"

World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency [WBCSD & IEA]. Cement Technology Roadmap 2009: Carbon Emissions Reductions up to 2050. Paris: France. October 2010.

World Business Council for Sustainable Development [WBCSD]. Cement Sustainability Initiative: Recycling Concrete. Suíça: Genebra. Julho. 2009.

Ministério do
Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior