UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

CRÉDITOS DE CARBONO NA INDÚSTRIA DO CIMENTO

Diego Furtado Lopes

Orientador: Prof. Luiz Elody

Porto Alegre, 2011

UNIVERSIDADE FEDERADL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

CRÉDITOS DE CARBONO NA INDÚSTRIA DO CIMENTO

DIEGO FURTADO LOPES

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador:

Prof. Luiz Elody Lima Sobreiro

Porto Alegre, 2011

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS....iv
LISTA DE TABELAS....v
RESUMO....1
1. INTRODUÇÃO....2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA....4
2.1. O Efeito Estufa....4
2.2. Protocolo de Kyoto....6
2.3. Créditos de Carbono....8
2.4. Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL....10
2.5. Créditos de Carbono na Indústria do Cimento....14
2.5.1. Indústria do Cimento – Histórico....14
2.5.2. Matérias-Primas....15
2.5.3. Processo de Fabricação....15
2.5.4. Mercado Brasileiro....19
2.5.5. O Gás Natural....21
2.5.6. MDL na Fabricação de Cimento....23
3. CONCLUSÕES....26
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do Efeito estufa. Fonte http://educar.sc.usp.br.....5
Figura 2 - Número de projetos de MDLs no mundo. Fonte: http://www.mct.gov.br.....12
Figura 3 – Composição do Clínquer.....16
Figura 4 - Moinho de Cru vertical.....16
Figura 5 - Forno de Cozedura.....17
Figura 6 - Moinho de bolas.....18
Figura 7 – Gasodutos.....23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os 10 maiores emissores de CO_2 em 2010. Fonte: Wikipédia.....7

Tabela 2 - Distribuição de MDL no Brasil por projetos. Fonte: http://www.mct.gov.br.....12

Tabela 3 – Maiores Produtores de Cimento (em milhões de toneladas). Fonte: SNIC – CEMBUREAU – OFICEMEN.....20

Tabela 4 – Previsões de Crescimento de Consumo. Fonte: www.cimento.org.....21

RESUMO

Um dos assuntos mais discutidos na atualidade é o efeito estufa e suas conseqüências para o planeta, como aquecimento global e as mudanças climáticas. A indústria se tornou vital para o desenvolvimento das nações, mas além de gerar produtos ela produz poluentes cada vez mais prejudiciais a nossa sobrevivência.

Nas últimas décadas, as emissões de gases danosos aumentaram consideravelmente, principalmente de dióxido de carbono (CO_2), o qual não é o mais prejudicial, mas é o de maior volume emitido o que o torna o mais preocupante.

O objetivo desta pesquisa é mostrar uma das alternativas para a diminuição destas emissões poluentes, que são os créditos de carbono. Esta alternativa consiste em que, um país desenvolvido, com produção de altos índices de gases poluentes e não tenha opção de tratamento na sua planta, compense estas emissões, investindo em Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) num país em desenvolvimento. Esta alternativa foi estabelecida através da assinatura do protocolo de Kyoto, pois preocupados com as elevadas emissões de gases na década de 90, a nações propuseram a diminuição de 5% das emissões dos países desenvolvidos até 2012, ano em que expira o protocolo.

Porém, na visão de muitos, a alternativa crédito de carbono, ao invés de mitigar a poluição, se tornou um mercado financeiro, para obtenção de lucros para as indústrias.

Neste trabalho, será demonstrado como os créditos de carbono atuam na indústria do cimento, pois o investimento realizado pelos países desenvolvidos, faz com que haja substituição de carvão mineral e diesel por gás natural na cozedura de argila e calcário diminuindo consideravelmente as emissões de CO_2.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação global com as emissões de gases poluentes na atmosfera terrestre, trouxe como consequência a criação de movimentos para definir planos de combate a esta grave situação mundial. Uma luta que antes pertencia quase exclusivamente a grupos ambientalistas, hoje se estende aos governos das nações a fim de evitar um futuro catastrófico às próximas gerações.

Os problemas causados pelo aquecimento global já começam a ser sentido em todo o planeta, graças à emissão desenfreada de dióxido de carbono (CO_2), e para tentar a redução das emissões, o país entraram em acordo e em 1997 assinaram o Protocolo de Kyoto para que houvesse uma diminuição de 5% na emissão de gases que acumulam na atmosfera causando prejuízos ao meio ambiente. O Protocolo tem sua duração até 2012, e neste trabalho será demonstrado como esta sendo o resultado prático deste acordo. Sua influência nos países mais poluidores mundialmente e qual foram às alternativas apresentadas por estes para não prejudicar sua economia.

Apesar de alguns países não aderirem ao acordo - caso dos Estados Unidos, um dos maiores emissores de CO_2 do planeta – há uma grande cooperação dos países para que o Protocolo obtenha os resultados propostos na sua criação.

Umas das alternativas são os créditos de carbono, que proporcionam uma possibilidade para que os países compensem as emissões de poluentes, e que não conseguem ser evitadas diretamente na planta por ser instalações muito antigas ou planejadas, investindo em tecnologias limpas em países em desenvolvimento. Esses investimentos fazem com que se consigam modernizar indústrias que utilizavam métodos desatualizados na sua linha de produção e, ao mesmo tempo, uma produção ecologicamente correta.

Onde podemos constatar uma mudança significativa ocorrida por causa dos créditos de carbono é na indústria cimenteira. A indústria do cimento opera em grande escala para atender um mercado que consome praticamente toda produção nacional. Existem milhares de indústrias cimenteira pelo mundo, e o Brasil, é um grande detentor de partes destas fábricas. Isso faz que a produção nacional não pare e como consequência, no forno para a cozedura do clínquer, há uma grande liberação de CO_2 para atmosfera.

E partindo deste ponto, será apresentado que a substituição de óleo diesel e carvão por gás natural na queima do forno provocam uma redução significativa da emissão de gases poluentes. E qual o papel dos créditos de carbono nesta conversão das fábricas. Mas não é um processo tão simples, pois a substituição das instalações que funcionam a carvão e óleo diesel

requer um grande planejamento, pois será necessária uma rede de gasodutos que levem o gás até fábrica. Porém os resultados constatados são satisfatórios, não influindo na produção e ajudando o meio ambiente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir será apresentada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos e estudos relacionados a este trabalho: o efeito estufa, o Protocolo de Kyoto, Créditos de Carbono no âmbito nacional e mundial, a fabricação do cimento e sobre os créditos de carbono na fabricação de cimento como redutor de emissão de CO_2.

2.1. O Efeito Estufa

Motivo de discussões quando o assunto são as mudanças climáticas e desastres naturais, o efeito estufa é um tema que esta em pauta atualmente. Mas apesar de ser um problema antigo, as medidas para combatê-lo só foram colocadas em prática em meados da década de 90. Na verdade, é um fenômeno do qual necessitamos para nossa sobrevivência porque é ele que mantém o nosso ecossistema aquecido e sem sua existência, não haveria condições de vida no planeta. O problema reside no aumento excessivo das emissões dos gases nos últimos cem anos, devido a industrialização e os desmatamentos, o que gera o chamado aquecimento global, e como consequência, o aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da terra.

O primeiro a estudar sobre o assunto foi Fourier que em 1827 mostrou que o efeito do aquecimento do ar em estufas de vidro, para manter a temperatura de plantas de clima quente no rigoroso inverno europeu, se aplicava na atmosfera terrestre. Em 1860, o britânico John Tyndall, introduziu a idéia que a variação de emissão de gás carbônico na atmosfera afetaria o clima terrestre. Arrhenius, em 1896, calculou que a duplicação da quantidade de CO_2 na atmosfera aumentaria a sua temperatura de 5 a 6 °C. A medição de variação do CO_2 na atmosfera iniciou-se no final da década de 1950 no observatório de Mauna Kea no Havaí, depois que os EUA lançaram em seu primeiro satélite espacial no Cinturão Van Allen.

O Efeito Estufa é uma camada de gases que se forma na atmosfera que tem como função manter o planeta aquecido filtrando os raios solares e absorvendo grande parte do calor refletido da superfície terrestre, como é representado na **Figura 1**.O aquecimento deve-se pela presença do dióxido de carbono, vapor de água e outros gases em pequena concentração.

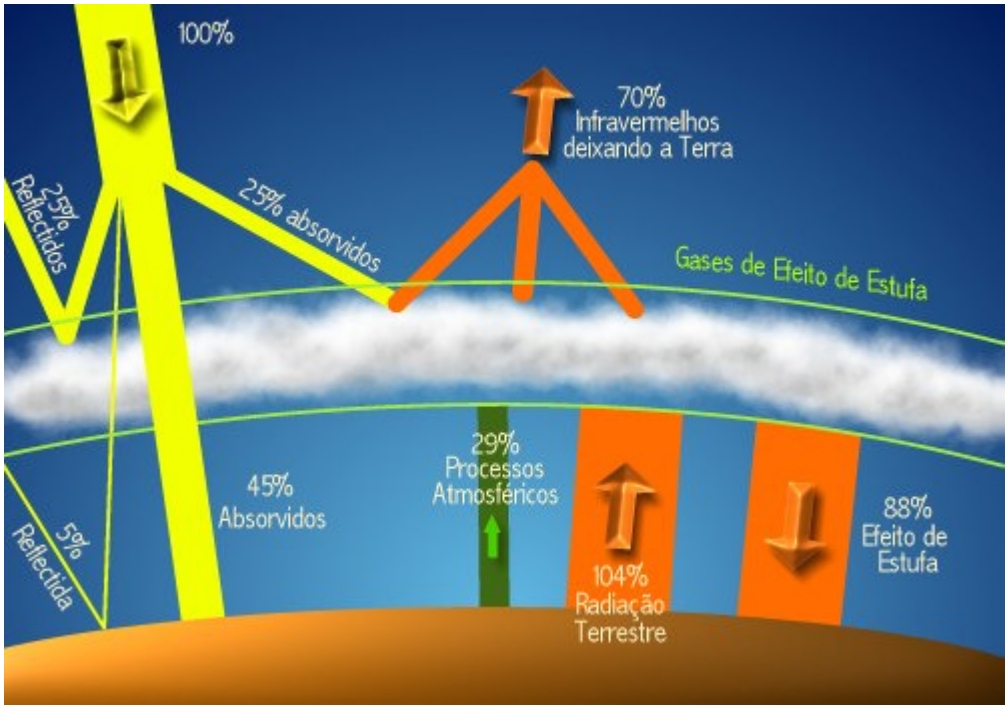

Figura 1 – Representação do Efeito estufa. Fonte: http://educar.sc.usp.br

Os principais gases que causam o efeito estufa são:

Dióxido de Carbono – Também chamado de gás carbônico, sua fórmula química é CO_2. Vital para que exista vida na Terra, pois é necessário para acontecer à fotossíntese (transformação da energia solar em química). A revolução industrial fez com que ele se transforma num grande problema quando o assunto é aquecimento global, pois sua emissão desenfreada é prejudicial ao meio ambiente. Seu potencial de aquecimento não é o maior dos gases do efeito estufa, mas é o mais emitido.

Óxido Nitroso – Chamado também de gás do riso, sua fórmula química é o N_2O. Ele é produzido por bactérias nitrificantes e desnitrificantes, além disso, é emitido como subproduto dos métodos de fertilização da agricultura, da combustão, do tratamento de esgoto e diversas atividades industriais.

Metano – Gás incolor e inodoro, sua fórmula química é CH_4. Ele é produzido através da decomposição de lixo orgânico, digestão de animais herbívoros, metabolismo de certos tipos de bactérias, vulcões, extração de combustíveis minerais e aquecimento da biomassa anaeróbica.

Visando diminuir as emissões desses gases para evitar efeitos desastrosos ao planeta, foi criado o Protocolo de Kyoto. Que tem como objetivo diminuir as emissões dos países desenvolvidos.

2.2. Protocolo de Kyoto

O Protocolo de Kyoto é um documento assinado por 189 países que visa diminuir a emissão de gases causadores do aquecimento global em 5% em relação aos níveis constatados em 1990. Assinatura deste protocolo foi realizada em 1997, na cidade de Kyoto, Japão, e tem entre 2008 e 2012 para que os resultados sejam atingidos, depois disto o acordo se expirará. Ele começou a vigorar em fevereiro de 2005. O principal alvo são as emissões de dióxido de carbono (CO_2), além dos outros gases que contribuem para o aquecimento global, a qual pode acarretar em situações calamitosas para o planeta nos próximos anos.

Ele estabelece 3 "mecanismos de flexibilidade" para que os países mais poluidores consigam atingir esta meta utilizando recursos de outros países:

- Implementação Conjunta (Joint Implemention): prevê parcerias entre países na criação de projetos ambientalmente responsáveis.
- Comércio de Emissões (*Emission Trading*): dá direito aos países desenvolvidos comprar "créditos" diretamente das nações que poluem pouco.
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL (*Clean Development Mechanism*): conhecido como o mercado de créditos de carbono.

Os norte-americanos são o segundo maiores emissores de dióxido de carbono, como é constatado na **Tabela 1**, e não assinaram o Protocolo. O presidente George W. Bush na época alegou que isso afetaria a economia do país e disse que iria combater as emissões com ações voluntárias das indústrias poluentes e com novas tecnologias. Mas a principal causa é que o Protocolo não se estende aos países em desenvolvimento, e como a China na época era uma nação em desenvolvimento, ela não foi obrigada a diminuir suas emissões. A China é o principal emissor de CO_2 decorrente do seu desenvolvimento acelerado.

Tabela 1 – Os 10 maiores emissores de CO_2 em 2010. Fonte: Wikipédia.

Posição	País	Emissões de CO_2 em 2010 (Em toneladas)	Porcentagem global
1º	China	6,538,367	22.30%
2º	Estados Unidos	5,838,381	19.91%
3º	Índia	1,612,362	5.50%
4º	Rússia	1,537,357	5.24%
5º	Japão	1,254,543	4.28%
6º	Alemanha	787,936	2.69%
7º	Canadá	557,340	1.90%
8º	Reino Unido	539,617	1.84%
9º	Coréia do Sul	503,321	1.72%
10º	Iran	495,987	1.69%

Junto com os Estados Unidos, os australianos não assinaram o Protocolo. Foram se tornar membros apenas em 2007 durante a Conferência da ONU em Bali. Mas a Austrália não figura entre os maiores emissores.

O Protocolo de Kyoto vai expirar em 2012. No final de 2007, durante a 13ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas, em Bali, na Indonésia, os 189 países participantes começaram tratativas com objetivo de elaborar um substituto de Kyoto. Porém, este é um assunto que esta longe da sua solução pois as nações não conseguem chegar a um consenso. Em dezembro de 2010, foi realizada uma conferência em Cancun, México, que discutiu as mudanças climáticas no planeta, onde ficou distante um acordo sobre um novo tratado ou, pelo menos, a renovação do protocolo de Kyoto.

Um dos temas que causam maior divergência é a questão que trata dos países em desenvolvimento que ficaram de fora das medidas propostas por Kyoto e agora deverão adotar compromissos semelhantes aos dos países desenvolvidos. No que diz respeito aos Estados Unidos, os norte-americanos terão de adotar ações equivalentes às dos demais países industrializados. Outro ponto é desenvolver um mecanismo para reduzir o desmatamento nas florestas tropicais, como a Amazônica. A idéia é oferecer incentivos econômicos em troca da preservação das matas. Além disso, outros três tópicos devem ser contemplados: adaptação à mudança climática, financiamento aos países em desenvolvimento e transferência de tecnologia.

A grande discussão em torno do Protocolo de Kyoto é que em 2012 acaba sua validade e as metas para quais foi criado não foram atingidas. Os congressos para criação do substituto do Protocolo já começaram, onde os principais pontos abordados são: o próximo Protocolo tem que ter uma rigidez maior para conseguir atingir a meta e os países em desenvolvimento terá que reduzir suas emissões, e não somente os desenvolvidos. A não adesão dos Estados Unidos contribuiu para o enfraquecimento do Protocolo, sendo os americanos uma das nações que mais emitem gases prejudiciais ao meio ambiente. Porém, Kyoto foi o primeiro passo para mudanças significativas de como lidar com as questões ambientais transformando em leis as metas de redução em diversas nações e países.

2.3. Créditos de Carbono

Os Créditos de Carbono são uma alternativa aos países desenvolvidos para conseguirem atingir as metas de redução de gases prejudiciais que foi estabelecido com a criação do protocolo de Kyoto, ele consiste que, um país em desenvolvimento, possa vender créditos a esses países que não encontram alternativas nos seus pólos industriais. Esse dinheiro é aplicado em mecanismos de desenvolvimento limpo – MDL - a fim de compensar as emissões do país industrializado.

Países em desenvolvimento podem vender créditos pelas emissões que deixaram de efetuar. O mercado de créditos de carbono é operado, principalmente, entre as empresas de cada país. Há duas maneiras de participar. Na primeira, seguem-se os critérios do Protocolo de Kyoto. As empresas criam projetos para reduzir suas emissões e os registram na ONU. Caso realmente surtam efeito, vão render os chamados créditos de carbono: a cada 1 tonelada de CO_2 que o projeto deixar de lançar à atmosfera rende 1 crédito para a companhia. Os créditos podem ser vendidos a empresas de países que já estabeleceram metas de redução para alguns setores industriais - como os da União Européia e o Japão. E essas empresas, as compradoras, utilizam o crédito para contribuir com as metas de seu país, sem reduzir suas emissões. Na segunda opção, os créditos são colocados à venda em bolsas independentes, como a Bolsa do Clima de Chicago ou a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) brasileira.

De acordo com o país de origem ou do esquema em que são negociados os créditos, eles podem ter várias formas (todos equivalentes a uma tonelada de dióxido de carbono reduzida):

- RCEs (Reduções Certificadas de Emissões) - Certificados resultados de projetos de MDL.

- ERUs (Emission Reduction Units – Unidades de Redução de Emissões) Certificados resultantes da Implementação Conjunta.
- AAUs (Assigned Amount Units – Unidades de Quantidades Atribuídas) Quantidade de gases do efeito estufa que cada país do Anexo B do Protocolo de Kyoto pode emitir durante o primeiro período de compromisso. Podem ser negociadas.
- EUAs (European Union Allowances – Permissões da União Européia) Unidade negociável sob o esquema de comércio de emissões da União Européia.
- VERs (Verified Emissions Reduction – Reduções Verificadas de Emissões) Certificados resultantes de projetos negociados no mercado voluntário de carbono.
- VCS (Voluntary Carbon Standard) Um dos padrões para desenvolvimento de projetos voluntários (ver VCS).

As quantidades de toneladas de CO_2 ou outros gases economizados ou seqüestrados da atmosfera são calculados por empresas especializadas de acordo com determinações de órgãos técnicos da ONU (no caso do Protocolo de Kyoto). Por exemplo, uma tonelada de óleo diesel trocado por biodiesel gera o direito a 3,5 toneladas de créditos. Um hectare de floresta de eucalipto absorve por hectare, por ano, 12 toneladas de gás carbônico. Um grande aterro sanitário que capte o metano e o transforme em eletricidade, pode ter o direito a milhões de toneladas de créditos por ano **(Jornal do Meio Ambiente)**.

Somente nos primeiros nove meses de 2006, foram negociados cerca de 22 bilhões de dólares em crédito de CO_2, enquanto em 2005 o comércio ficou em 10 bilhões de dólares. Brasil é o principal nome latino-americano de projetos registrados.

Em 2006, a China sediou a maior parte dos projetos que geram créditos de carbono, sendo responsável por 63% do mercado de venda de créditos no ano. As reduções de emissões no território chinês equivalem ao total de CO_2 emitidos por ano com a geração de energia no Canadá (130 megatoneladas) ou com o uso de meios de transportes (145 megatoneladas). No mesmo período, a Índia gerou 12% dos créditos comercializados e a África cerca de 6%. Já com relação às negociações feitas com carbono, Londres lidera o ranking, segundo relatório do Banco Mundial.

Na América Latina, o Brasil está no topo dos países com projetos registrados. Mas a falta de definição da natureza jurídica do crédito de carbono e de um regime tributário específico para lidar com essa questão tem provocado relativa insegurança para o mercado brasileiro e poderia, inclusive, vir a comprometer o seu desenvolvimento no país.

O Brasil detém, atualmente, a terceira posição no ranking mundial de mercado de carbono, respondendo por cerca de 10% dos projetos de redução de emissões em nível global.

A classificação dos créditos de carbono como serviços, conforme interpreta o Banco Central, ou como valor mobiliário, como indica a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), não condiz com a realidade. A tributação dos créditos de carbono no Brasil comprometeria a vantagem competitiva do país, porque os investidores poderiam migrar para outros países onde não existe essa tributação, como Índia, Indonésia e México, por exemplo.

2.4. Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um instrumento criado pelo Protocolo de Kyoto, é um incentivo ao desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento, ao mesmo tempo em que serve como ferramenta para países que possuem metas de reduções alcançarem seus objetivos. A obtenção de créditos de carbono é a ferramenta financeira que operacionaliza este instrumento.

As suas etapas são as seguintes:

- *Elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP)*, é a primeira etapa do ciclo, neste documento deve estar incluso a descrição da atividade de projeto: dos participantes da atividade de projeto da metodologia da linha de base; das metodologias para cálculo da redução de emissões de gases de efeito estufa e para o estabelecimento dos limites da atividade de projeto, bem como das fugas; e do plano de monitoramento.
- A *Validação* corresponde ao processo de avaliação independente de uma atividade de projeto por uma Entidade Operacional Designada – EOD, no tocante aos requisitos do MDL, com base no DCP.
- A *Aprovação*, por sua vez, é o processo pelo qual a AND das partes envolvidas confirmam a participação voluntária e a AND do país onde

são implementadas as atividades de projeto do MDL atesta que dita atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país.

- *Registro* é aceitação formal, pelo Conselho Executivo, de um projeto validado como atividade de projeto do MDL. A aprovação de projetos no Conselho Executivo do MDL é subseqüente à aprovação pela Autoridade Nacional Designada.
- O processo de *monitoramento* da atividade de projeto inclui o recolhimento e armazenamento de todos os dados necessários para calcular a redução das emissões de gases de efeito estufa, de acordo com a metodologia de linha de base estabelecida no DCP, que tenham ocorrido dentro dos limites da atividade de projeto e dentro do período de obtenção de créditos.
- *Verificação* é o processo de auditoria periódico e independente para revisar os cálculos acerca da redução de emissões de gases de efeito estufa ou de remoção de CO2 resultantes de uma atividade de projeto do MDL que foram enviados ao Conselho Executivo por meio do DCP. Esse processo é feito com o intuito de verificar a redução de emissões que efetivamente ocorreu. Após a verificação, o Conselho Executivo certifica que uma determinada atividade de projeto atingiu um determinado nível de redução de emissões de gases de efeito estufa durante um período de tempo específico.
- A etapa final é quando o Conselho Executivo tem certeza de que, cumpridas todas as etapas, as *reduções de emissões de gases* de efeito estufa decorrentes das atividades de projeto são reais, mensuráveis e de longo prazo e, portanto, podem dar origem a RCEs.

Até abril de 2010, um número de 6.096 projetos de MDL se encontrava em alguma destas etapas para se implantar uma atividade no mundo, sendo que cerca de 1/3 destes projetos já estão registrados no Conselho Executivo. A China, que é considerado um país em desenvolvimento pelo Protocolo de Kyoto, tem o maior número de atividades de projeto com de 2.750 (vide **Figura 2**), seguida de perto pela Índia, lembrando que estes dois são o 1º e 3º países que mais emitem gás carbônico. O Brasil aparece em 3º no ranking, com 484 atividades de MDL, muito atrás de China e Índia. Mas para o primeiro período de obtenção de

crédito, o Brasil contribuiu com uma redução de emissão de 5% do total mundial, que equivale a 381 milhões de toneladas de gás carbônico (**IPAM**). Os países que mais de comprometem a reduzir as emissões via atividades de MDL são China, Índia e Brasil

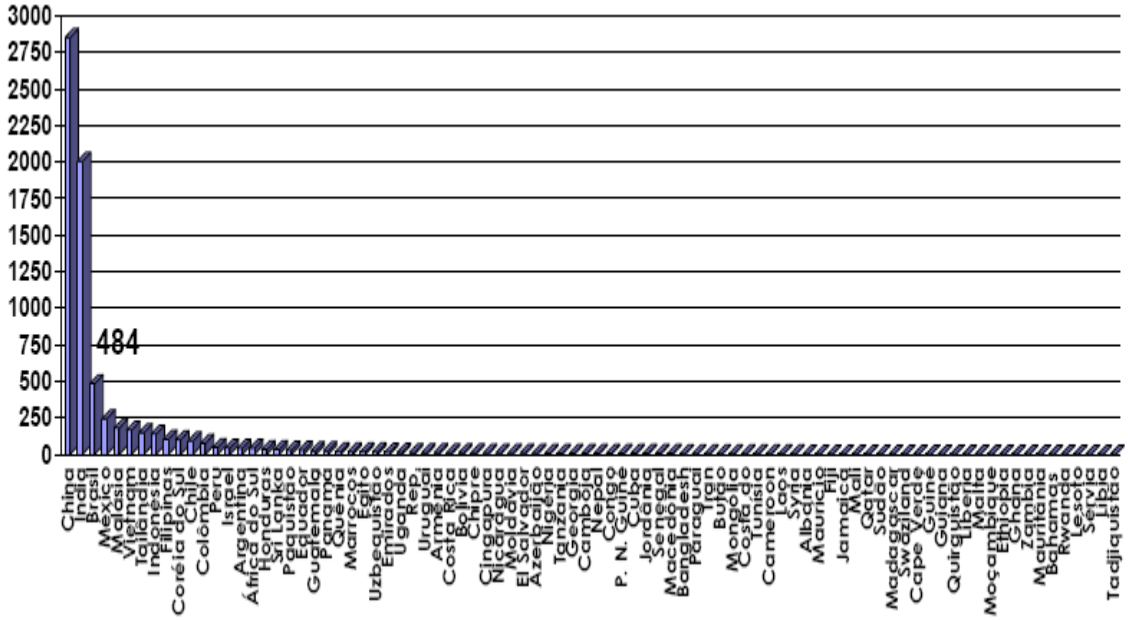

Figura 2 - Número de projetos de MDLs no mundo. Fonte: http://www.mct.gov.br

No cenário brasileiro, a maior parte das atividades de projeto desenvolvidas está no setor de geração de energia (51,9%), seguido pelos setores de suinocultura (15,7%), troca de combustível fóssil (9,5%) e aterro sanitário (7,6%) como mostra a **Tabela 2**.

Tabela 2: Distribuição de MDL no Brasil por projetos. Fonte: http://www.mct.gov.br

Projetos em Validação/Aprovação	Número de Projetos	Redução Anual de Emissão (Em toneladas)	Redução de Emissão no 1º Período de Obtenção de Crédito (Em toneladas)	Número de Projetos (%)	Redução Anual de Emissão (%)	Redução de Emissão no 1º Período de Obtenção de Crédito (%)
Energia Renovável	251	20.479.891	152.769.145	51,9	39,7	37,5
Aterro Sanitário	37	12.196.889	90.295.076	7,6	23,6	22,2
Redução de N_2O	5	6.373.896	44.295.076	1,0	12,3	10,9
Suinocultura	76	4.222.884	39.282.569	15,7	8,2	9,6
Troca de Combustível Fóssil	46	3.329.139	27.958.720	9,5	6,4	6,9
Eficiência Energética	30	2.180.709	20.928.010	6,2	4,2	5,1
Reflorestamento	2	434.438	13.033.140	0,4	0,8	3,2
Processos Industriais	14	1.002.940	7.449.083	2,9	1,9	1,8
Resíduos	19	706.602	5.588.778	3,9	1,4	1,4
Emissões Fugitivas	4	720.068	5.721.011	0,8	1,4	1,4

No que se refere à contribuição dos setores para a redução de emissões de CO_2, os projetos de aterro sanitário, geração de energia e os de redução de N_2O é responsável por 70% do total das reduções de emissão a serem atingidas no primeiro período de obtenção de créditos, ou seja, 267 milhões de toneladas de CO_2. Apesar de boa parte das emissões brasileiras estarem relacionadas às mudanças no uso da terra (75%), a participação de seu setor florestal no MDL se restringe a apenas a dois projetos de reflorestamento, o qual contribuirá com a redução de apenas 3,4% das emissões que serão promovidas no primeiro período de obtenção de crédito (**IPAM**).

Este cenário reflete, entre outras coisas, as restrições que foram colocadas no âmbito do MDL para esta modalidade de atividades. Ao baixo interesse por parte dos investidores devido ao caráter temporário dos créditos, as incertezas sobre a adicionalidade do projeto em relação a sua linha de base e aos altos custos de transação. Com estas dificuldades mais o fato da não inclusão do desmatamento evitado como atividade elegível para o primeiro período de compromisso do Protocolo Kyoto. Países em desenvolvimento detentores de florestas e responsáveis por uma quantidade significativa de emissões oriundas do desmatamento, como é o caso da Indonésia, têm limitada a sua participação no mercado de carbono.

2.5. Créditos de Carbono na Indústria do Cimento

2.5.1. Indústria do Cimento - Histórico

Com objetivo de construir edificações mais seguras e com maior durabilidade, o homem sempre pesquisou materiais que proporcionassem estes quesitos. Os romanos denominaram este material de "caementun", de onde se originou a palavra cimento.

Em 1756, com o intuito de facilitar o trabalho da reforma do Farol de Edystone, na Inglaterra, John Smeaton verificou que uma mistura calcinada de calcário e argila tornavam-se, depois de seca, tão resistentes quanto as pedras utilizadas nas construções.

Mas quem patenteou a descoberta em 1824, chamando-a de cimento portland, numa referência à Portlandstone, tipo de pedra arenosa muito usada em construções na região de Portland, Inglaterra, foi o pedreiro Joseph Aspdin. No pedido de patente constava que o calcário era moído com argila, em meio úmido, até se transformar-se em pó impalpável. A água era evaporada pela exposição ao sol ou por irradiação de calor através de cano com vapor.

O cimento Portland foi um marco na construção, pois, pelas suas propriedades de moldabilidade, hidraulicidade (endurecer tanto na presença do ar como da água), elevadas resistências aos esforços e por ser obtido a partir de matérias-primas relativamente abundantes e disponíveis na natureza.

A criatividade de arquitetos e projetistas, a precisão dos modernos métodos de cálculo e a genialidade dos construtores impulsionou o avanço das tecnologias de cimento e de concreto, possibilitando ao homem transformar o meio em que vive, conforme suas necessidades. A importância deste material cresceu em escala geométrica, a partir do concreto simples, passando ao concreto armado e finalmente, ao concreto protendido. Com o aditivo da sílica, obteve-se o concreto de alto desempenho, com resistência a compressão 10 (dez) vezes maior (**BASILIO**).

2.5.2. Matérias-Primas

As matérias-primas utilizadas na fabricação de cimento são:

1. Calcários

São constituídos basicamente de carbonato de cálcio $CaCO_3$ podendo conter impurezas como magnésio, silício, alumínio ou ferro. O calcário é um rocha sedimentar, sendo a terceira rocha mais abundante na crosta terrestre e somente o xisto e o arenito são mais encontrados.

2. Argila

São silicatos complexos contendo alumínio e ferro como cátions principais e potássio, magnésio, sódio, cálcio, titânio e outros.

A escolha da argila envolve disponibilidade, distância, relação sílica/alumínio/ferro e elementos menores como álcalis.

3. Gesso

É o produto de adição final no processo de fabricação do cimento, com o fim de regular o tempo de pega por ocasião das reações de hidratação. É encontrado sob as formas de gipsita ($CaSO_4$. $2H_2O$), hemidratado ou bassanita ($CaSO_4.0,5H_2O$) e anidrita ($CaSO_4$).

2.5.3. Processo de Fabricação

1. Extração de Matéria-Prima

O primeiro passo na produção de cimento é extrair as matérias-primas, calcário e argila, das pedreiras. A exploração das pedreiras é feita normalmente a céu aberto e a extração pode ser feita mecanicamente ou com explosivos.

2. Britagem

O material, após a extração, apresenta-se em blocos, sendo necessário reduzir o seu tamanho a uma granulometria adequada.

3. Pré-homogeneização e Dosagem

O material britado é transportado para a fábrica e armazenado em silos verticais ou armazéns horizontais. Essa armazenagem pode ser combinada com uma função de pré-homogeneização que consiste em colocar por camadas o calcário e a argila.

As matérias-primas selecionadas são depois dosificadas, tendo em consideração a qualidade do produto a obter, clínquer, o qual é composto na sua maior parte por calcário (**Figura 3**). Essa dosagem é efetuada com base em parâmetros-químicos pré-estabelecidos.

Figura 3 – Composição do Clínquer.

4. Moagem do "Cru"

Definida a proporção das matérias-primas, elas são retomadas dos locais de armazenagem e transportadas para moinhos (**Figura 4**) onde se produz o chamado "cru" (mistura finamente moída). Simultaneamente a moagem ocorre um processo de adição de outros materiais: areia (SiO_2), cinzas de pirita (Fe_2O_3) e bauxita (Al_2O_3), de forma a obter as quantidades pretendidas dos compostos que constituem o "cru": cálcio, sílica, alumínio e ferro, essenciais na fabricação de cimento.

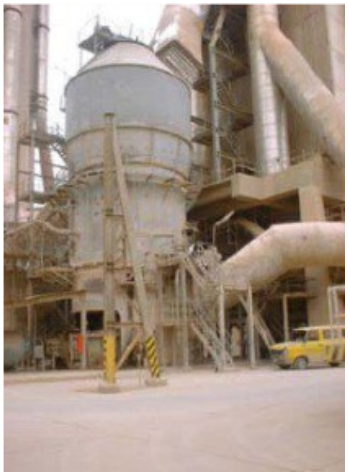

Figura 4 - Moinho de Cru vertical

5. Homogeneização

A mistura de "cru", devidamente dosada e com a granulometria adequada, deve ter a sua homogeneização assegurada para permitir uma perfeita combinação dos elementos formadores do Clínquer. A homogeneização é executada em silos verticais de grande porte, através de processos pneumáticos e por gravidade.

6. Pré-aquecimento

Antes do "cru" entrar no forno, este será aquecido ao passar pela torre de ciclones, onde é iniciada a fase de pré-aquecimento. Na torre dá-se a descarbonatação e inicia-se a pré-calcinação do material.

7. Cozedura

Com as transformações físico-químicas ocorridas na torre de ciclones devido às variações térmicas, o "cru" dá lugar a farinha, produto apto para entrar no forno (**Figura 5**). Ao entrar no forno, a farinha desloca-se lentamente até o fim deste passando por um processo de clinquerização (1300~1500°C), resultando no clínquer, produto com aspecto de bolotas escuras.

Figura 5 - Forno de Cozedura

8. Resfriamento

Uma vez cozido, o clínquer sai do forno e segue para o arrefecedor onde sofre uma diminuição brusca de temperatura que lhe confere características importantes do cimento. O calor transportado pelo clínquer é transferido para o ar que é recuperado, melhorando assim o rendimento térmico do processo.

9. Moagem e Adições

O cimento resulta da moagem do clínquer e da adição de gesso e aditivos (cinzas volantes, escórias de alto forno, filler calcário) que irão dar as características do cimento. Após a moagem, realizado geralmente em moinho de bolas (**Figura 6**), o cimento produzido é normalmente transportado por via pneumática ou mecânica e armazenado em silos ou armazéns horizontais.

Figura 6 - Moinho de bolas

10. Embalagem e expedição

A remessa do cimento ao mercado pode ser feita de duas maneiras: a granel ou sacos. Na forma de granel é transferido diretamente do silo de armazenagem para caminhões-cisterna, cisternas para transporte ferroviário ou para navios de transporte de cimento. Na forma de saco, o cimento é embalado (através de máquinas ensacadeiras) e depositado em paletes.

2.5.4. Mercado Brasileiro

A indústria do cimento requer um grande investimento e esta sujeita às pressões de custos. Os gastos com combustíveis e energia elétrica representam mais de 50% nos custos de uma fábrica (**Cimento Brasil**). O valor do cimento sofre grande influência do aumento de combustíveis, porque o transporte rodoviário movimenta 94% do cimento produzido no país. Ficando os outros 6% divididos entre transporte ferroviário e hidroviário.

As indústrias brasileiras são modernas e tecnologicamente atualizadas tanto que o consumo médio de energia gasto por tonelada de cimento produzida é de 112kw/h enquanto que nos Estados Unidos é na ordem de 140kw/h.

Até 2008, o setor cimenteiro estava numa crescente, com muitos projetos para qualificar ainda mais e aumentar a produção. Mas com a crise mundial, houve um recuo nestes investimentos, pois os empresários não acreditavam numa saída rápida do Brasil desta situação que tem reflexo até hoje. A conseqüência desta estagnação foi o surgimento de dificuldades para atender o mercado interno, que apesar da crise, não diminui o seu consumo. Para não desabastecer o mercado, começou-se a importar cimento ou abrir espaços para grupos cimenteiros menores.

No Brasil, quase todo o cimento produzido fica no país, a taxa de exportação vem decaindo a cada ano. Em estudos realizados em 2007, demonstrou que a produção brasileira é apenas a décima no ranking mundial e a China detém a metade da produção, mas mostra uma evolução nacional (vide **Tabela 3**). Como o consumo de cimento guarda estreita correlação com a evolução da renda real e com a massa salarial real, nos últimos anos o setor da construção civil e atrelado a ele, a indústria cimenteira, vem crescendo a passos largos. Devido principalmente ao crescimento do emprego e da renda, a expansão do crédito imobiliário pelo governo e pelos bancos privados e devido à pressão das obras de infra-estrutura do PAC e outros programas governamentais.

O que auxilia na estimativa de aumento no crescimento de consumo de cimento (**Tabela 4**) é a confirmação da Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016, pois o país vai ter que se adequar às normas da FIFA e do Comitê Olímpico. A produção de cimento terá que ser grande para suprir a demanda para as reformas de estádios, estradas, aeroportos, vila olímpica, dentre outros.

Tabela 3 – Maiores Produtores de Cimento (em milhões de toneladas). Fonte: SNIC – CEMBUREAU – OFICEMEN

Posição	País	2002	2003	2004	2005	2006	2007	%
1º	**China**	725,1	862,5	967,8	1.080	1.253,50	1.377,80	49,21
2º	**Índia**	117,5	126,7	136,9	146,8	162	172,9	6,18
3º	**EUA**	89,7	92,8	97,4	99,4	98,2	95,5	3,41
4º	**Japão**	76,4	73,8	72,4	72,7	73,2	71,4	2,55
5º	**Rússia**	38,1	41,4	46,2	49,5	55,2	60,1	2,15
6º	**Espanha**	42,4	44,8	46,6	50,3	54	54,7	1,95
7º	**Coréia do Sul**	56,4	59,7	55,8	49,1	51,4	54,4	1,94
8º	**Turquia**	37,2	38,1	41,3	45,6	49	50,8	1,81
9º	**Itália**	41,5	43,5	46,1	46,4	47,9	47,5	1,70
10º	**Brasil**	39,1	35,5	36,5	39,2	42,4	46,5	1,66
11º	**Tailândia**	38,8	35,6	36,7	37,9	41,2	43,2	1,54
12º	**Egito**	26,3	32,5	35	37	38,1	40,1	1,43
13º	**Irã**	28,9	30,5	32,3	32,7	35,3	40	1,43
14º	**Indonésia**	35,1	34,9	37,9	36,2	38,1	39,9	1,43
15º	**México**	31,1	31,9	33,2	34,7	37,9	38,8	1,39
ND	**Outros**	418	433,9	462,8	488,6	525,5	566,1	20,22

Tabela 4 – Previsões de Crescimento de Consumo. Fonte: www.cimento.org

Anos	Variação do PIB (%)	Variação do Crescimento de Consumo (%)	Consumo de Cimento (Milhões de Toneladas)
2003	0,55	-	34,884
2004	5,7	2,4	35.734
2005	3,2	5,4	37.666
2006	4	8,9	41.027
2007	5,7	9,8	45.054
2008	5,1	14	51.365
2009	-0,2	0,6	51.670
2010	6,5	12	57.870
2011	5	10	63.657
2012	5	8	68.750
2013	5	10	75.625
2014	8	8	81.675

2.5.5. O Gás Natural

O gás natural utilizado pelas indústrias brasileiras é uma mistura de hidrocarbonetos leves encontrados no subsolo em jazidas de petróleo, o qual metano constitui aproximadamente 70% do seu volume. Possui uma densidade menor que 1, o que o torna mais leve que o ar e tem um poder calorífico entre 8.000 e 10.000 kcal/m^3 dependendo dos teores de pesados e inertes. O gás natural é um combustível fóssil e uma energia não-renovável.

O gás natural passou ser utilizado com mais frequência na Europa no final do século XIX, com a invenção do queimador Bunsen, em 1885, que misturava ar com gás natural e com a construção de um gasoduto à prova de vazamentos, em 1890. Mas esta alternativa demorou a propagar, pois as construções de gasodutos eram incipientes e não tinha como transportar grandes volumes, o gás natural ficou atrás do carvão e óleo diesel. Somente em 1960, no período pós-guerra, ocorreu a instalação de milhares de quilômetros de gasodutos em decorrência da melhora nas técnicas de soldagem e construção de tubos, junto com a evolução da metalurgia.

No Brasil, o grande impulso para utilização do gás natural foi no período de 1980 a 1995, com a descoberta da Bacia de Campos, o que aumentou a participação do gás na matriz energética nacional em 2,7%. Com o início da operação do Gasoduto Brasil-Bolívia, em 1999, com capacidade de transportar 30 milhões de metros cúbicos de gás por dia, houveram alavancadas no mercado de gás natural. E com apagões de 2001 e 2002, o governou aumentou a participação das termoelétricas movidas a gás natural na matriz energética do país. Com o pré-sal, há uma expectativa que tenha uma grande reserva de gás.

O gás natural é empregado diretamente como combustível, tanto em indústrias, casas e automóveis. É considerado uma fonte de energia mais limpa que os derivados do petróleo e o carvão. Alguns dos gases de sua composição são eliminados porque não possuem capacidade energética (nitrogênio ou CO_2) ou porque podem deixar resíduos nos condutores devido ao sua alta massa molar em comparação ao metano (butano e mais pesados).

Na área de transportes, pode ser utilizado em ônibus e automóveis, substituindo o óleo diesel, a gasolina e o álcool. Na indústria, o gás natural é utilizado como combustível para fornecimento de calor, geração de eletricidade e de força motriz, e ainda como matéria-prima nos setores químico, petroquímico e de fertilizantes.

As principais vantagens do gás natural são as seguintes:

- A sua combustão é completa, liberando como produtos o dióxido de carbono, em menor quantidade comparado ao óleo e o carvão, e vapor de água, sendo os dois componentes não tóxicos, portanto o gás natural é uma fonte de energia limpa, produz baixo impacto ambiental. Substitui outros combustíveis mais poluentes, como óleos combustíveis, lenha e carvão.
- Possui facilidade de transporte e manuseio, não requer estocagem, eliminando os riscos do armazenamento de combustíveis. Sua distribuição é feita através de uma rede de tubos e de maneira segura, os chamados gasodutos (**Figura 7**).
- Proporciona uma maior segurança por ser mais leve do que o ar, o gás se dissipa rapidamente pela atmosfera em caso de vazamento. Essa é a grande diferença em relação ao gás de cozinha (GLP), que por ser mais pesado que o ar tende a se acumular junto ao ponto de vazamento, facilitando a formação de mistura explosiva.

Figura 7 – Gasodutos

2.5.6. MDL na Fabricação de Cimento

No processo de cozedura da argila e do calcário, a queima de carvão e diesel, para alimentação de fornos, gera uma emissão de aproximadamente 150 mil toneladas de dióxido de carbono (CO_2) por ano. As usinas de cimento são responsáveis por 5% das emissões globais de gás carbônico. O cimento não pode ser reciclável, para qualquer reforma ou nova construção é utilizado cimento novo.

As primeiras indústrias utilizavam o carvão como combustível nos processos térmicos. Na década de 80, iniciou-se uma nova tendência mundial em substituir o carvão pelos óleos combustíveis por ser bem mais viável economicamente que o carvão. A partir da década de 90, quando ocorreu uma maior preocupação com o meio ambiente, começou-se a implantar a alternativa do gás natural em detrimento ao carvão e o diesel. Porém, existem algumas questões de ordem técnica para conversão de fábricas projetadas inicialmente para utilizar carvão e óleos, para gás natural.

A energia térmica nos fornos de cimento é transferida por radiação, então a constituição dos gases que resulta da queima de um determinado combustível influência na produtividade do processo. Os principais constituintes que mais contribuem para emissão no espectro térmico são CO_2 e H_2O devido ao maior número de átomos e suas respectivas bandas de absorção na faixa do infravermelho.

Uma melhor transferência de calor para a clinquerização depende fundamentalmente de três fatores: maior temperatura de chama, acréscimo de concentração de CO_2 e H_2O e aumento no diâmetro do forno até um limite máximo. Quando ocorre a substituição pelo gás natural, o perfil térmico muda pela menor quantidade de CO2 resultante da queima do gás.

Além disso, a utilização de gás natural em fornos de cimento induzirá um maior consumo térmico da queima no forno de clínquer em comparação ao carvão e aos óleos combustíveis, devido principalmente ao maior volume de gases de combustão gerados pela queima de gás natural.

No que diz respeito a infra-estrutura, no processo de conversão para gás natural em indústrias que foram projetadas para utilização de carvão e óleo , é necessário um alto investimento para se construir uma malha de distribuição de gasodutos para a fábrica. É por este motivo que a maioria das indústrias cimenteiras fazem esta conversão com fundos disponibilizados pelos créditos de carbono, pois a relação custo/benefício não seria atrativa paras as fábricas se esta mudança fosse feita com seus próprios recursos. No Brasil, onde são grandes os investimentos em MDLs, a disseminação do gás natural no processo do cimento é viável em termos de logística e disponibilidade do gás.

Grande parte as indústrias de cimento esta localizada ao longo da costa brasileira, onde existe uma grande reserva de calcário, da localização geográfica próxima aos grandes centros consumidores e da facilidade de logística para recebimento de combustíveis.

Se for comparado à reação de combustão do óleo diesel com a do gás natural poderá ser notado que a emissão de gás carbônico diminui significativamente. A reação completa de combustão do óleo diesel é a seguinte:

$$C_{16}H_{34(l)} + 24{,}5O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 17H_2O_{(l)} + \text{Energia}$$

Fazendo o balanço da reação e um cálculo estequiométrico, constatamos que é liberado 704g de CO_2 (C=12 e O=16) para cada mol de óleo, que equivale a 226g de óleo (C=12 e H=1), enquanto que na reação completa de combustão do gás natural

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + \text{Energia}$$

É emitido 44g de gás carbônico para 1 mol de gás natural (16g). A energia liberada na combustão do óleo é de aproximadamente 9500 kJ/mol e na do gás natural é de 802 kJ/mol. Então, para o gás natural liberar a mesma quantidade de energia que o óleo será necessário aproximadamente 12 mols do gás e a emissão de CO_2 aumentariam para 528g, uma redução de 25%.

Com a tecnologia empregada nas indústrias cimenteiras e lembrando que o cálculo acima descrito foi para combustão completa, para cada tonelada de clínquer produzido mais

de 0,6 toneladas de dióxido de carbono é gerada utilizando carvão e óleo diesel. Quando há conversão para o processo com gás natural, para cada tonelada de clínquer produzido, são geradas aproximadamente 0,3 toneladas de CO_2. Uma redução de 50% nas emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente.

3. CONCLUSÕES

Foram realizados estudos e pesquisas para determinar de que forma a alternativa créditos de carbono contribui como uma forma de produção menos nociva ao meio ambiente na indústria do cimento. No trabalho elaborado, foram constatadas as seguintes situações:

- Apesar dos crescentes movimentos globais em busca de uma produção mais limpa, o problema do excesso de emissões de gases que contribuem para o aquecimento global está longe de acabar.
- O Protocolo de Kyoto foi o primeiro passo para combater a grave situação que se encontrava o mundo, em que os países se organizaram por um objetivo, mas não conseguiu atingir as metas estabelecidas na sua assinatura. O que contribuiu para isso foi à falta de um rigor maior e não adesão norte-americana.
- Os créditos de carbono, quando empregados, apresentam resposta satisfatória, pois, devido os investimentos dos países desenvolvidos em processos limpos, as indústrias dos países em desenvolvimento conseguiram mudar seu formato de produção para uma maneira ecologicamente correta sem utilizar seus próprios recursos. Já que a conversão do processo demanda uma grande cifra, geralmente.
- Nas indústrias cimenteiras, foi possível reduzir pela metade as emissões de CO_2 pela substituição de óleo diesel e carvão por gás natural no forno de clínquer, esta diminuição só foi alcançada por dividendos originados dos créditos de carbono.

Conclui-se a partir destas considerações que os Créditos de Carbonos são uma importante alternativa para evitar danos ao meio ambiente, apesar de, os países industrializados como os Estados Unidos, por exemplo, não terem aderido ao protocolo de Kyoto. As razões são fundamentalmente econômico-financeiras cuja repercussão será uma continuidade de um processo industrial ultrapassado, e que com o tempo se demonstrará anti econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PORTAL AMBIENTE BRASIL. Artigo. em < http:// ambientes.ambientebrasil. com.br/mudancas_climaticas/artigos/efeito_estufa.html>. Acesso em 15 de abril de 2011.

SZPILMAN, M. **O EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL.** Informativo do Instituto Aqualung, novembro/dezembro, de 1997. em < http://www.institutoaqualung. com.br/info_estufa20.html >. Acesso em 15 de abril de 2011.

PORTAL REVISÃO NATURAL. Artigo. em < http://revisaovirtual. com/site/Artigos_180_efeito_estufa.htm >. Acesso em 15 de abril de 2011.

PEREIRA, A. S. **MUDANÇA CLIMÁTICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS.** Artigo, 10 de agosto, de 2002. Portal Com Ciência. em < http:// www.comciencia.br /reportagens/clima/clima05.htm >. Acesso em 16 de abril de 2011.

VEJA.COM. **PROTOCOLO DE KIOTO**. Reportagem, abril de 2008. em < http:// veja.abril.com.br/idade/exclusivo/perguntas_respostas/protocolo_kioto/index.shtml >. Acesso em 22 de abril de 2011.

GREENPEACE. **O PROTOCOLO DE KIOTO**. Artigo, Portal do Greenpeace. em < http:// www.greenpeace.org.br/clima/pdf/**protocolo_kyoto**.pdf >. Acesso em 22 de abril de 2011.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia, **PROTOCOLO DE QUIOTO**, Editado e Traduzido. em < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf >. Acesso em 23 de abril de 2011.

MANUEL, L. **GÁS NATURAL SUBSTITUI CARVÃO E DIESEL NA PRODUÇÃO DE CIMENTO**. Reportagem, Ministérioda Ciência e Tecnologia, 20 de novembro, de 2009. em < http://www.ctv.org.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=1236:gas-natural-substitui-carvao-e-diesel-na-producao-de-cimento&catid=101:todas noticias & Itemid =554 >. Acesso em 04 de maio de 2011.

ROSENTHAL, E. **CIMENTO: UM ELEMENTO BÁSICO PARA O PROGRESSO E PARA O AQUECIMENTO GLOBAL**. Reportagem, New York Times, 26 de outubro, de 2007. em < http://www.geografiaparatodos.com.br/index.php?pag=sl212 >. Acesso em 04 de maio de 2011.

NETO, C. A. R. **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE INSERÇÃO DO GÁS NATURAL NA INDÚSTRIA DE CIMENTO NACIONAL.** Artigo. em **<** http://www.workoutenergy.com.br/publicacao_vencontro/trabalhos_tecnicos/download/carlos_rechele.doc **>** Acesso em 05 de maio de 2011**.**

WIKIPÉDIA: A ENCICLOPÉDIA LIVRE. **GÁS NATURAL**. em < http://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s_natural >. Acesso em 15 de maio de 2011.

PORTAL MUNDO EDUCAÇÃO. **GÁS NATURAL COMBUSTÍVEL**. Artigo. em < http://www.mundoeducacao.com.br/quimica/gas-natural-combustivel.htm **>.** Acesso em 15 de maio de 2011.

SNIC – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **INDÚSTRIA DO CIMENTO NO CENÁRIO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.** 2009. em < http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/publicacoes/publicacoes_portugues/snic_press_kit09.pdf >. Acesso em 20 de maio de 2011.

TAYLOR, H.F.W. **ENCICLOPEDIA DE LA QUÍMICA INDUSTRIAL - LA QUÍMICA DE LOS CEMENTOS**. Volume 1. Ed. URMO. Bilbao-Espanha 1967.

BASILIO, F. A. – **CIMENTO PORTLAND**. Estudo Técnico. 5ª ed. São Paulo, ABCP, 1983.

STATUS ATUAL DAS ATIVIDADES DE PROJETO NO ÂMBITO DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL) NO BRASIL E NO MUNDO. Última compilação do site da CQNUMC, 31 de março, de 2011. em < http: // www.mct.gov.br/index.php/content/view/30317.html >. Acesso em 20 de maio de 2011.

CIMENTO BRASIL. em < http://www.cimentobrasil.com.br/ >. Acesso em 21 de maio de 2011.

RECICLAGEM. **A CONSTRUÇÃO E O MEIO AMBIENTE. MEIO AMBIENTE: UM GRANDE PROBLEMA.** Artigo. em < http ://www. reciclagem. pcc.usp.br/a_construcao_e.htm >. Acesso em 21 de 2011.