

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

**UMA ANÁLISE PRELIMINAR DA ENERGIA EMBUTIDA NO CIMENTO
CONSIDERANDO BRASIL E REINO UNIDO**

Manuela Ferreira de Carvalho Rodrigues

Foz do Iguaçu, PR
2017

Manuela Ferreira de Carvalho Rodrigues

**UMA ANÁLISE PRELIMINAR DA ENERGIA EMBUTIDA NO CIMENTO
CONSIDERANDO BRASIL E REINO UNIDO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Hoffmann

Foz do Iguaçu, PR
2017

Manuela Ferreira de Carvalho Rodrigues

**UMA ANÁLISE PRELIMINAR DA ENERGIA EMBUTIDA NO CIMENTO
CONSIDERANDO BRASIL E REINO UNIDO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Aprovado em 15 de Julho de 2017:

José Abílio Lima de Freitas
Presidente – Coorientador

Geomar Machado Martins, Dr (UFSM)
1º Avaliador

Natanael Rodrigues Gomes, Dr (UFSM)
2º Avaliador

Foz do Iguaçu, PR
2017

RESUMO

UMA ANÁLISE PRELIMINAR DA ENERGIA EMBUTIDA NO CIMENTO CONSIDERANDO BRASIL E REINO UNIDO

AUTORA: Manuela Ferreira de Carvalho Rodrigues
ORIENTADOR: Ronaldo Hoffmann

A partir da crise energética dos anos 70, a busca pela redução no consumo de energia nos processos produtivos tem aumentado. Um dos métodos mais utilizados neste contexto, refere-se a energia embutida no produto, que considera o consumo da energia correspondente a extração da matéria prima, transformação e transporte. Visando posicionar o Brasil em relação a energia embutida no cimento Portland com o Reino Unido, país desenvolvido e com produção correspondente a 12,80% do total produzido no Brasil, foi comparada a energia embutida no cimento Portland entre os países em um período de cinco anos; observou-se que no Brasil este número foi 21,43% maior. Para verificar se houveram reduções no consumo de energia elétrica e coque de petróleo pela indústria cimenteira do Brasil, foi quantificado o consumo destas energias por tonelada de cimento produzido entre 2009 e 2013, demonstrando redução de 1,04% no gasto de eletricidade em relação ao período analisado, embora o consumo de coque de petróleo tenha sido constante. O estudo demonstrou que a busca pela melhoria da eficiência energética no setor apresentou-se maior no Reino Unido que no Brasil, a exemplo da diminuição em 44,8% no consumo específico de energia obtida na produção em 2010, muito devido ao uso de materiais recicláveis como combustível (MPA, 2017).

Palavras-chave: Energia Embutida no Cimento Portland. Eficiência Energética na Produção de Cimento. Energia no Cimento do Brasil e do Reino Unido.

ABSTRACT

A PRELIMINARY ANALYSIS OF ENERGY EMBEDDED IN THE CEMENT WHEREAS BRAZIL AND UNITED KINGDOM

AUTHOR: Manuela Ferreira de Carvalho Rodrigues
ADVISOR: Ronaldo Hoffmann

Since the 1970's energy crisis, search for a reduction in energy consumption in the production processes has increased. One of the most used methods in this context, refers to the energy embedded in the product, which considers the energy consumption corresponding to the extraction of raw materials, processing and transportation. Aiming to compare the energy incorporated in Brazilian Portland cement in relation to that of the United Kingdom, a developed country, but with production corresponding to 12.80% of the total produced in Brazil, this energy was accounted for in both countries on a period of five years. It was observed that in Brazil the total amount was 21.43% higher. In order to verify if there were reductions in the consumption of electric energy and petroleum coke by the cement industry in Brazil, the consumption of these energies per ton of cement, produced between 2009 and 2013, was quantified, showing a reduction of 1.04% in electricity expenditure, although a constant petroleum coke consumption. The study showed that the search for energy efficiency improvement in the sector was higher in the UK than in Brazil, such as the 44.8% decrease in specific energy consumption achieved in production in 2010, largely due to the use of recyclable materials as fuel.

Keywords: Embedded Energy in Portland Cement. Energy efficiency in Cement Production. Energy on Brazilian and UK Cement.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. OBJETIVOS	8
1.1.1. Objetivo Geral.....	8
1.1.2. Objetivos Específicos	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. CIMENTO PORTLAND	9
2.2. ENERGIA EMBUTIDA NO CIMENTO PORTLAND	10
2.3. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND	11
2.3.1. Extração de calcário e argila	11
2.3.2. Britagem, Pré Homogeneização e Dosagem.....	12
2.3.3. Moinho de cru, Silos de Homogeneização e Forno	13
2.3.4. Silos de Clinquer, Adições e Moinhos de Cimento	15
2.3.5. Silos de Cimento, Ensacamento, Expedição e Granel	15
2.4. INDÚSTRIA DE CIMENTO PORTLAND NO BRASIL	16
2.5. INDÚSTRIA DE CIMENTO PORTLAND NO REINO UNIDO	17
3. METODOLOGIA.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
4.1. ENERGIA EMBUTIDA – CIMENTO PORTLAND.....	20
5. CONCLUSÕES.....	23
6. BIBLIOGRAFIA.....	24

1. INTRODUÇÃO

O cimento Portland é o material de construção mais utilizado no mundo, componente básico para a produção de concreto, tendo baixa possibilidade de substituição por outro produto, foi criado em 1824 pelo construtor inglês Joseph Aspin. A crise energética, no final da década de 70, impulsionou a busca pela eficiência energética nos processos produtivos do cimento (ABCP, 2017).

A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO) define eficiência energética, como um conjunto de medidas que levem a redução do consumo de energia, sem alterar a qualidade final do produto.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC), a utilização de resíduos como fonte de energia alternativa na queima de fornos de cimento do Brasil, foi de 950 mil toneladas em 2009, pequena se comparada ao Reino Unido, onde o índice de substituição de combustível por resíduos em 2010 chegou a 44,8% (MPA, 2017).

Um dos critérios mais utilizados para avaliar o consumo de energia de um material, é a energia embutida que consiste no total de energia consumida na extração de matéria prima, em seus processos de transformação e transporte (KIBERT, 2009). A fabricação do cimento Portland requer um uso intensivo de energia, isso se deve principalmente ao grande consumo na produção do clínquer, principal matéria prima do cimento (PAULA, 2009).

Assim, este trabalho visa comparar a energia embutida no cimento Portland entre o Brasil e o Reino Unido, um país desenvolvido, com produção inferior a 15% do total produzido no Brasil entre 2009 e 2013, apresentando maior utilização do coprocessamento pela indústria.

Segundo Pires (2013), 80% da energia embutida em um material de construção refere-se a fase de fabricação, por esta razão, este trabalho também tem como finalidade quantificar o consumo de energia elétrica e coque de petróleo por tonelada de cimento Portland produzido no Brasil entre os anos de 2009 e 2013, a fim de verificar se houveram reduções neste consumo no período analisado.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como interesse, comparar o consumo de energia embutida no cimento Portland entre o Brasil e Reino Unido e verificar o consumo de energia elétrica e coque de petróleo por tonelada de cimento produzido no Brasil, entre os anos 2009 e 2013.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para atender a finalidade descrita, os seguintes objetivos específicos deverão ser atingidos:

- Verificar o comportamento do Brasil em relação ao Reino Unido, quanto à energia embutida no cimento Portland;
- Quantificar o consumo de energia elétrica e coque de petróleo por tonelada de cimento produzido no Brasil, entre 2009 e 2013;
- Analisar, se houver, as reduções no consumo destas energias no período proposto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland foi criado pelo construtor inglês Joseph Aspin, que patenteou este nome em 1824, referindo-se as construções que eram feitas com pedra de Portland, utilizadas nas construções antes do cimento. O cimento, é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água, depois de endurecer, ele mantém sua resistência e estabilidade mesmo sob ação da água, sua principal aplicação é como base para a produção de concretos, sendo o segundo material mais consumido no mundo, superado apenas pela água (LOQUES, 2013).

O processo de fabricação do cimento Portland, requer grande demanda energética, o consumo de energia térmica pode chegar a 3.300 MJ/t de clínquer produzido, matéria prima base para sua fabricação e consumo de energia elétrica, estimado entre 90 e 120 kWh/t de cimento produzido. Diante disto, medidas como utilização de equipamentos que gastem menos energia elétrica, adições minerais na produção dos cimentos compostos e a substituição de combustíveis convencionais por resíduos no coprocessamento do clínquer em fornos, poderiam contribuir para esta redução (PAULA, 2009).

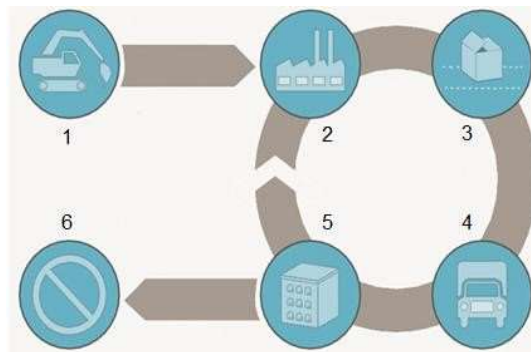
Diante da crescente preocupação ambiental relacionada a demanda por recursos energéticos, medidas vem sendo tomadas para prever e minimizar este consumo. Uma forma utilizada é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a sigla utilizada internacionalmente para esta análise é LCA, acrônimo da expressão *Life-Cycle Analysis*, ambas definições têm como objetivo avaliar os impactos ambientais de um produto, processo ou atividade, que abrange desde a extração e processamento de matérias-primas à reciclagem ou disposição final, passando pelas fases de transformação, transporte, distribuição e utilização (TILLMAN, 1994).

A Análise do Ciclo de Vida dos materiais de construção consiste, no somatório da energia utilizada em todas as fases de sua utilização, a Figura 1 demonstra as seis fases consideradas, Energia Embutida: fase 1 à 4, Energia Operacional: fase 5 e Energia de Desconstrução: fase 6 (PIRES, 2013).

1. Extração de matérias-primas;

2. Processamento de matérias-primas;
3. Fabricação de materiais;
4. Transporte e distribuição;
5. Utilização do edifício;
6. Fim de vida útil dos materiais.

Figura 1 – Fluxograma de Fabricação do Cimento

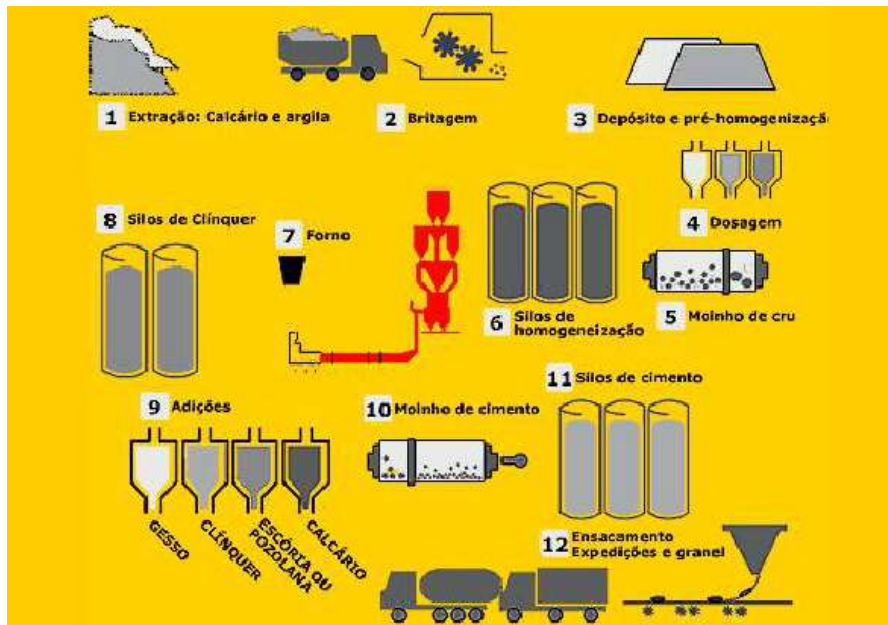


Fonte: PIRES (2013)

2.2. ENERGIA EMBUTIDA NO CIMENTO PORTLAND

São utilizados na construção de um edifício, uma variedade de materiais de construção e cada material consome energia ao longo de seus estágios de fabricação, uso e desconstrução, muitos autores têm optado por quantificar a energia embutida (EE) a partir dos materiais de maior consumo energético. A energia embutida no material de construção consiste na energia necessária em todo o processo produtivo: para extração de matéria-prima, fabricação, transporte de insumos, fabricação do material e seu transporte (TAVARES, 2006). A Figura 2 traz o fluxograma de fabricação do cimento.

Figura 2 – Fluxograma de Fabricação do Cimento



Fonte: (ABCP, 2017)

A energia embutida na fabricação do material corresponde a 80% da energia total, os 20% restantes incluem as fases de transporte dos materiais transformados, este valor pode variar de um país para outro e mesmo de região para região, pois a quantificação é feita em função do combustível utilizado no processo de transformação das matérias-primas e no seu transporte, na distância de transporte das matérias-primas, quantidade de matéria reciclada utilizada, entre outras (MATEUS, 2006).

Assim, a análise da energia embutida nos materiais, tem fundamental importância para a determinação dos impactos causados na construção, o conhecimento da quantidade e dos tipos de fontes energéticas utilizadas, permitindo visualizar a dimensão e o tipo de impacto ambiental causado pela construção civil (CHEN, 2001).

2.3. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND

2.3.1. Extração de calcário e argila

O processo inicia-se com a extração das matérias primas nas pedreiras de rocha calcária ou argila, que são extraídas por meio de explosivos e por processo mecânico (escavadeiras), em seguida os materiais são transportados, geralmente por

caminhões, até a instalação de britagem. A energia incorporada nesta fase dependerá da metodologia utilizada na extração, somado aos combustíveis de todos os equipamentos utilizados nesta fase e no transporte, como tratores, pás carregadeiras, caminhões e outros (NETO, 2011). A figura 2 demonstra a extração de calcário e argila.

Figura 3 – Extração de Calcário e Argila



Fonte: (NETO, 2011)

2.3.2. Britagem, Pré Homogeneização e Dosagem

O calcário extraído é transportado por caminhões até as instalações de britagem, onde os blocos são reduzidos a diâmetros menores que 90 mm, nesta fase utilizam-se combustíveis fósseis como: óleo diesel, gasolina e graxas. Após a etapa de britagem, o calcário e a argila passarão pelo processo de pré homogeneização, antigamente este processo era feito via úmida, como o consumo energético para evaporação da água contida na mistura é maior se comparado ao processo via seca, cerca de 99% das indústrias de cimento do Brasil operam pelo sistema seco (LIMA, 2011). Estação de britagem e Baía de pré homogeneização e dosagem (Figura 4).

Figura 4 – Estação de britagem e Baía de Pré Homogeneização e Dosagem



Fonte: (LOQUES, 2013)

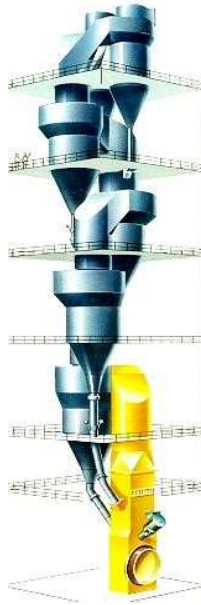
2.3.3. Moinho de cru, Silos de Homogeneização e Forno

No moinho de cru são acrescentados os aditivos ao calcário e a argila, que são moídos posteriormente até a obtenção de uma granulometria fina para a homogeneização, daí o nome farinha ou cru e o material segue para os silos verticais de homogeneização, onde o processo é pneumático e por gravidade (LOQUES, 2013).

Vindo dos silos, inicia-se o processo mais importante da fabricação do cimento e também um dos responsáveis pela maior parcela de energia embutida, onde o material será inserido no forno. Neste momento existe a possibilidade de reduzir a demanda energética do processo, ao passar anteriormente pelo pré calcinador, conhecida como torre de ciclone, a alimentação do material é feita na parte superior da torre, o ventilador ao longo do percurso vai fazendo a transferência do calor do ar para o material iniciando-se pela pré-calcinação da farinha de cru (LIMA, 2011). Torre de Ciclone (Figura 4).

No topo da torre a temperatura é de 400°C e no fundo é de 900°C, a utilização deste sistema permite que a reação de calcinação seja concretizada até 40% antes do material dar entrada no forno de pré-aquecimento, que possibilita a calcinação em até 90%, antes de seguir para o forno de cimento (LIMA, 2011).

Figura 5 – Torre de Ciclone

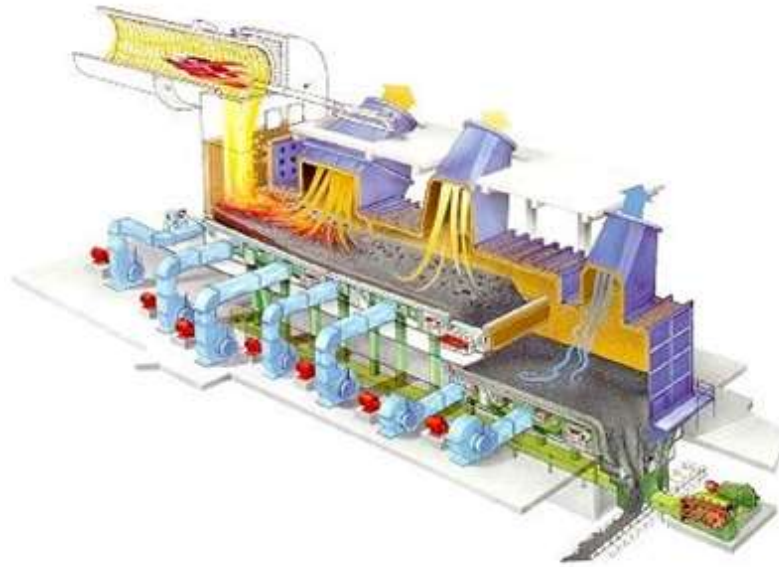


Fonte: (LIMA, 2011)

A alimentação destes fornos pode ser feita por combustíveis fósseis, como o carvão, gás natural, gás óleo e coque de petróleo, sendo este último mais utilizado pela indústria brasileira ou combustíveis alternativos, como resíduos de biomassa, combustíveis derivados de biomassa e resíduos químicos (LOQUES, 2013).

A calcinação completa será feita nos fornos de cimento, que são na maioria rotativos, cilindros horizontais de até 150 metros de comprimento e 6m de diâmetro, utilizam como combustível majoritariamente o coque de petróleo, carvão mineral ou vegetal, e as temperaturas de cozimento são entre 1400 e 1500 °C, quando ocorrem as reações físicas e químicas para a transformação em clínquer, principal componente do cimento, que em seguida é enviado para o sistema de arrefecimento (Figura 5), com passagem de corrente de ar frio dependendo da instalação o material sai com temperatura entre 70°C e 50°C, em média, em seguida é transportado para os silos (MARINGOLO, 2001).

Figura 6 – Resfriador de Clínquer



Fonte: (LIMA, 2011)

2.3.4. Silos de Clínquer, Adições e Moinhos de Cimento

Já resfriado, o clínquer fica armazenado nos silos até a etapa final de produção do cimento, onde será feita a adição de gesso, calcário e pozolana ou escória, a proporção destes aditivos que conferem as características do cimento. A última etapa consiste na moagem para atingir a granulometria ideal, cada tipo de cimento apresenta uma finura diferente (PATO, 2015).

Durante a moagem é feita injeção de água nas câmaras do equipamento, para ser feita a refrigeração, pois a alta temperatura do clínquer a ser moído e o próprio atrito no trabalho de moagem, geram uma elevação da temperatura no interior do moinho, o que poderia causar a desidratação do gesso e hidratação prévia do cimento, comprometendo a sua resistência final (MARINGOLO, 2001).

2.3.5. Silos de Cimento, Ensacamento, Expedição e Granel

O cimento é transportado mecânica e pneumaticamente para os silos de cimento, onde fica estocado e passa pelos ensaios finais de qualidade, finalizado o processo,

segue para o ensacamento, que é feito mecanicamente e o produto segue para a expedição (LIMA, 2011).

2.4. INDUSTRIA DE CIMENTO PORTLAND NO BRASIL

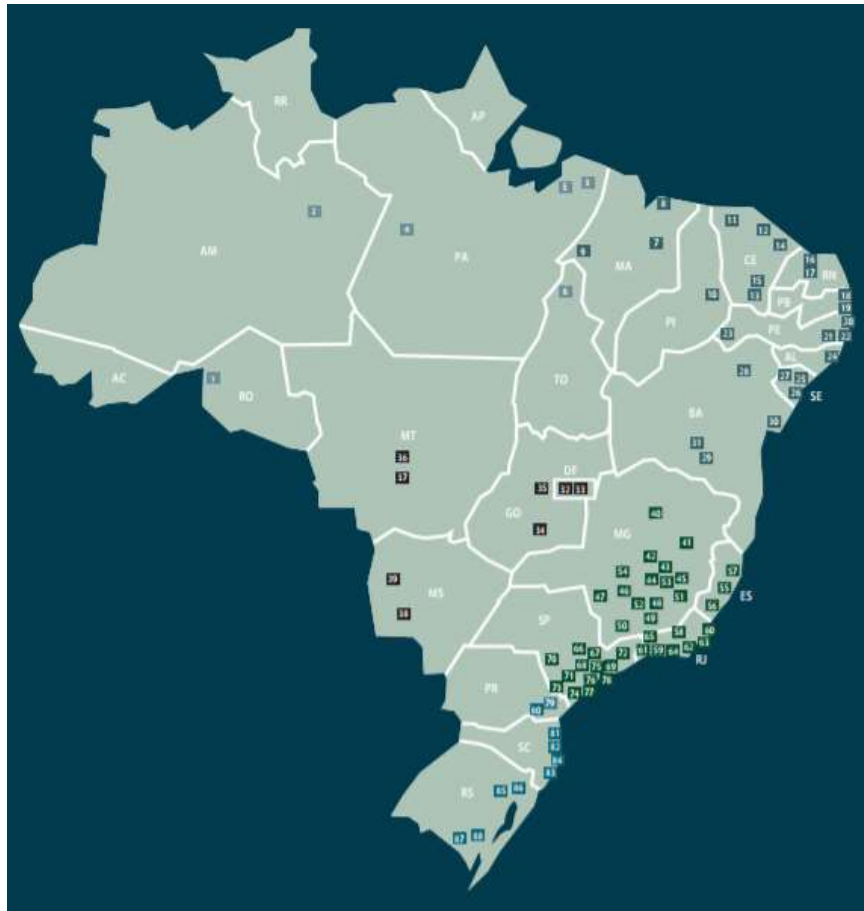
O cimento Portland começou a ser produzido no Brasil em escala industrial a partir de 1926, passando por períodos de crescimento na produção nos anos 70, declínio no início dos anos 80, diante do período de recessão da economia nacional e tendo retomado o crescimento produtivo nos anos 90, com o advento do Plano Real, e partir de então a Indústria do Cimento tem aumentado a produção diante do crescente consumo (SNIC, 2017).

A crise energética dos anos 70, onde houve elevação dos preços internacionais do petróleo, um dos principais combustíveis que abastece as indústrias de cimento, impulsionou o processo de modernização da produção nacional, que culminou na alteração do processo úmido para processo seco, garantindo economia de quase metade do consumo de combustíveis (ABCP, 2017).

Em 2013 a produção de cimento no país atingiu 70 milhões de toneladas, atualmente a Indústria é composta por 24 grupos cimenteiros, nacionais e estrangeiros, com 99 plantas produzindo (Figura 6), espalhadas por todas as regiões brasileiras. O modal de transporte mais utilizado é o rodoviário, com tráfego de cerca de 16 mil caminhões por dia, somente para retirar o cimento das plantas instaladas em todo o território brasileiro (SNIC, 2013).

O Brasil gera cerca de 2,7 milhões de toneladas de resíduos industriais por ano, das quais a indústria de cimento coprocessa anualmente, cerca de 950 mil toneladas, apenas 35,18% da quantidade de resíduos gerados. A queima de resíduos em fornos de cimento é amplamente explorada nos Estados Unidos, na Europa e no Reino Unido (SNIC 2010).

Figura 7 – Plantas de Cimento no Brasil

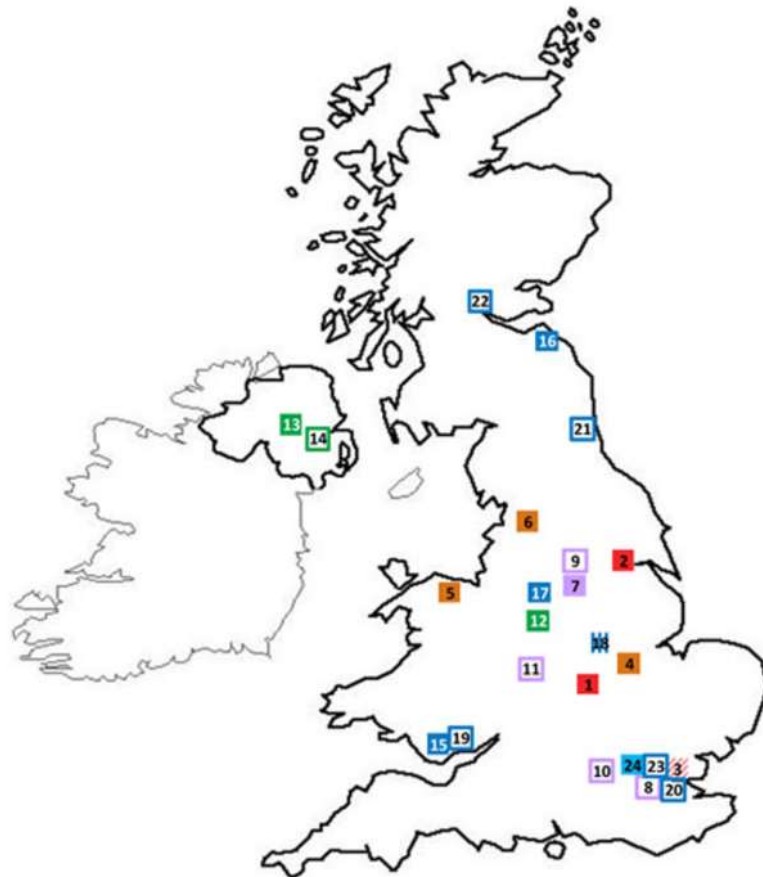


Fonte: (LIMA, 2011)

2.5. INDÚSTRIA DE CIMENTO PORTLAND NO REINO UNIDO

Países do Reino Unido é o termo usado para descrever Inglaterra, Irlanda do Norte, Escócia e País de Gales, que, juntos, formam o Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte. A indústria de cimento contribui com quase um bilhão de libras por ano para a economia do país, atualmente opera com doze fábricas e duas usinas de moagem e mistura, localizadas na Grã-Bretanha, cerca de 90% da produção é vendida no Reino Unido. A figura 8 demonstra as plantas de cimento no Reino Unido (MPA, 2017).

Figura 8 – Plantas de Cimento no Reino Unido



Fonte: (MPA, 2017)

O processo de fabricação do cimento Portland no Reino Unido assemelha-se ao brasileiro, com diferença no transporte do produto que utiliza caminhões e trens de carga. Em 2010 os fabricantes de cimento do país conseguiram reduzir o consumo específico de energia na produção em 44,8%, devido ao uso de materiais recicláveis como matéria prima e combustíveis alternativos. Os combustíveis derivados de resíduos são: pneus usados, tintas recicladas, madeira, papel, papelão e plásticos não recicláveis, lodo de esgoto, resíduos domésticos, comerciais e industriais, farinha de carne e ossos, sendo utilizado 10% na queima do forno de cimento e o restante utilizado como materia prima mineiral, por exemplo, os pneus queimam para dar um resíduo que é principalmente ferro, reduzindo assim a necessidade de agregar minério de ferro adicional como matéria-prima (MPA,2013).

3. METODOLOGIA

Para avaliação do comportamento do Brasil em relação ao Reino Unido no consumo de energia embutida no cimento Portland, foi criada uma tabela referenciada em Tavares (2006) para o Brasil, com o valor baseado em pesquisa feita pelo autor no ano de publicação. A energia embutida no cimento do Reino Unido foi obtida no banco de dados da Universidade de Bath, na Inglaterra, criada em 2008 por Hammond e Jones.

Em seguida a produção de cimento no Brasil e Reino Unido entre os anos de 2009 e 2013 foram descritas em tabela para serem comparadas. As informações sobre a produção de cimento no Brasil foram do banco de dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), através do arquivo: Dados Consolidados – Brasil 1950 a 2013 e a produção de cimento do Reino Unido foi do Relatório de Cimento (2001-2015) MPA.

O consumo de energia da indústria de cimento Portland entre 2009 e 2013, disponível no banco de dados do Balanço Energético Nacional (BEM), aparece em tabela. Os valores foram transcritos em gráfico, para a correlação entre a produção de cimento e o consumo de eletricidade e coque de petróleo, obtendo assim o consumo de cada energia por tonelada de cimento produzido, a unidade de medida utilizada para ambas as fontes energéticas foi a tonelada equivalente de petróleo (tep).

Conhecido o consumo de eletricidade por tonelada de cimento produzido, utilizou-se o fator de conversão internacional, multiplicando (tep) por 11,63 para transformar o consumo em MWh e em seguida o valor foi transformado em kwh, medida mais usual para representar eletricidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ENERGIA EMBUTIDA – CIMENTO PORTLAND

Tavares (2006) traz em sua pesquisa a energia embutida em vários materiais de construção brasileiro, no caso da EE do cimento Portland o valor apresentado foi baseado em pesquisas feitas pelo próprio autor em 2006, os valores de EE foram expressos em MJ/kg com as respectivas fontes. O valor da EE no cimento Portland do Reino Unido foi obtido através do banco de dados de energia embutida e carbono em materiais de construção para 2008, disponibilizado pela Universidade de Bath na Inglaterra, pesquisa feita por Hammond, G. P. e Jones, C. I. (2008), o valor utilizado refere-se a produção pelo processo seco, procedimento que corresponde a cerca 99% da produção brasileira. A Tabela 1 apresenta os valores de EE no cimento Portland para o Brasil e Reino Unido.

Tabela 1 – EE Cimento Portland

País	Cimento EE (MJ/kg)
Brasil	4,20
Reino Unido	3,30

A energia embutida no Cimento Portland no Brasil foi 21,43% maior do que a energia embutida do Reino Unido. A tabela 2 demonstra que a produção média cimento Portland no Brasil entre 2009 e 2013 foi de 62.785 (mil t), enquanto que no Reino Unido esta média foi de 8.308 (mil t), que representa apenas 12,80% da produção brasileira, mesmo havendo esta diferença grande de produção a energia embutida do Reino Unido é menor que a do Brasil.

Tabela 2 – Produção de Cimento Portland no Brasil e Reino Unido

	Brasil¹	Reino Unido²
Ano	Produção (mil t)	Produção (mil t)
2009	51.747	7.623

2010	59.177	7.883
2011	64.093	8.529
2012	68.809	7.952
2013	70.161	8.203

(¹) Banco de Dados CBIC

(²) Relatório de Cimento (2001-2015) MPA

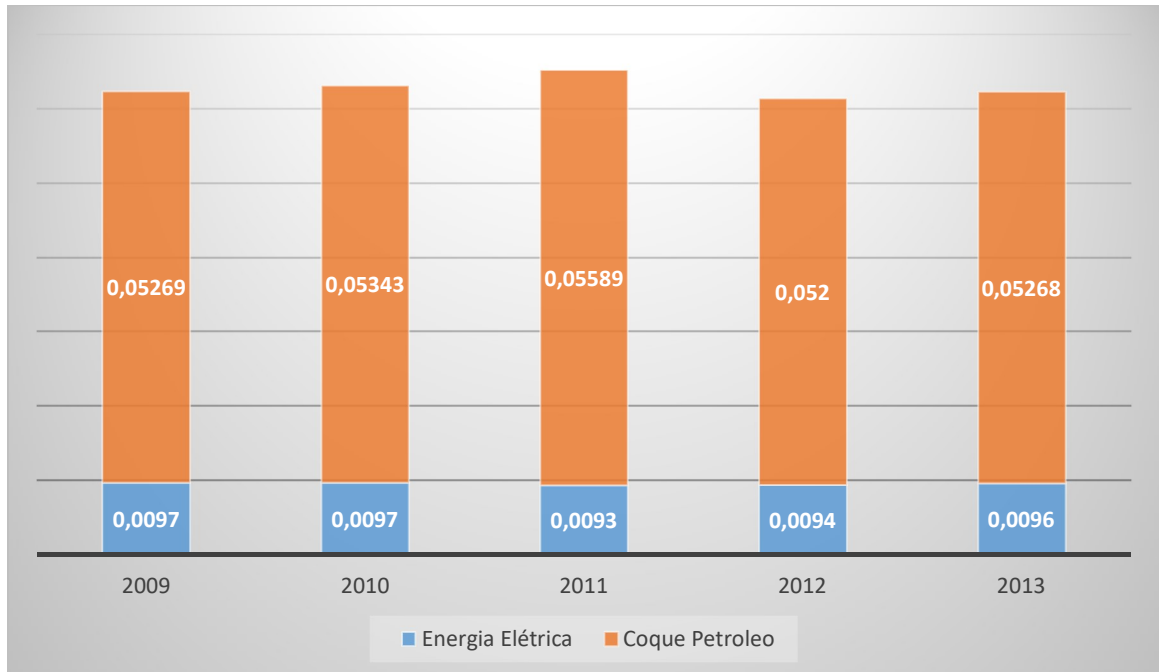
A tabela 3 representa consumo energético da Indústria do Cimento Portland no Brasil nos anos de 2008 e 2013, a unidade de medida utilizada pelo BEM para todas as fontes de energia é a tonelada equivalente de petróleo (tep), uma unidade de energia definida como o calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru.

Tabela 3 – Energia Consumida pela Indústria de Cimento Portland do Brasil

Energia	Consumo Anual - 10³ tep (toe)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Gás Natural	26	23	29	55	31
Carvão Mineral	51	52	98	108	133
Lenha	0	0	37	81	83
Óleo Diesel	42	45	65	70	68
Óleo Combustível	29	8	20	17	17
Eletricidade	500	553	598	645	673
Carvão Vegetal	55	63	178	142	128
Coque de Petróleo	2.727	3.161	3.582	3.578	3.696
Outras não especificadas	349	350	427	440	458

Conforme a Tabela 3, a eletricidade e coque de petróleo são as duas energias mais utilizadas pela Indústria de cimento Portland no Brasil, ao correlacionar estes valores com a produção de cimento Portland indicada na Tabela 2, têm-se a tonelada equivalente de petróleo por tonelada.

Gráfico 1 – Consumo de Energia Elétrica e Coque de Petróleo por Tonelada de Cimento Portland Produzido no Brasil (tep-toe)



Observa-se uma diminuição no consumo de energia elétrica por tonelada de cimento produzido em 2011 e 2012, porém o valor volta a subir em 2013, no entanto, apresentou redução de 1,2 kW/h, 1,04% em relação ao gasto de 2009 e 2010, tendo como média de eletricidade utilizada no período foi de 110,96kW/h por tonelada de cimento produzido.

Esta relação não é a mesma com o uso de coque de petróleo, o maior consumo foi em 2010 e 2011, e em 2009, 2012 e 2013 o valor manteve-se constante, sem redução em sua utilização, segundo Paula (2009) a utilização do coque de petróleo tende a ser cada vez maior dado seu tem alto poder calorífico, alta disponibilidade e preço é baixo.

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho notou-se grande diferença na produção de cimento Portland entre o Brasil e Reino Unido no período de 2009 a 2013, em média 62.785 milhões e 8.308 milhões de toneladas, respectivamente. A energia embutida no cimento do Reino Unido foi 21,43% menor que no Brasil; como este valor refere-se principalmente a energia gasta no processo de fabricação do material, a demanda energética no Reino Unido foi menor, demonstrando que é possível gastar-se menos recursos na produção do cimento.

De acordo com a análise do consumo de energia pela indústria de cimento no Brasil, verificou-se um consumo médio no período de 110,96kW/h de energia elétrica para cada tonelada de cimento produzido, apresentando uma redução de 1,04% em 2013 em relação a energia gasta em 2009 e 2010. Embora o consumo de coque de petróleo tenha se mostrado constante, essa queda no consumo de eletricidade manifesta a busca pela melhoria da eficiência energética pelo setor.

Baseando-se nos dados apresentados, pode-se perceber que existem possibilidades de reduzir o consumo de energia na produção de cimento Portland no Brasil, a exemplo do Reino Unido que, em 2010, diminuiu o consumo específico de energia na produção em 44,8%, devido ao uso de materiais recicláveis como matéria prima e combustíveis alternativos (MPA, 2017).

6. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **A Indústria do Cimento e o Desenvolvimento do Brasil.** Disponível em: < <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/a-industria-do-cimento-e-o-desenvolvimento-do-brasil>>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fluxograma Fabricação de Cimento.** Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/fabricacao/fabricacao>>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

Balanco Energético Nacional. **Séries Históricas Completas.** Consumo de Energia por Setor. Disponível em: < <https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompletas.aspx>>. Acesso em: 22 de Junho de 2017.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Dados Consolidados – Brasil 1950 a 2013. Disponível em: < <http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>>. Acesso em: 05 de Maio de 2017.

CHEN, T. Y.; BURNETT, J.; CHAU, C. K. Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. **Energy**, v. 26, n. 4, p. 323-340, 2001. Disponível em: < file:///C:/Users/CASA/Downloads/Analysis_of_embodied_energy_use_in_the_residential.pdf > Acesso em: 05 de junho de 2017.

DE LIMA, André Barbosa. O PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTO PORTLAND. Disponível em: < <http://www.ceermin.demin.ufmg.br/monografias/34.PDF>> Acesso em: 10 de Junho de 2017.

HAMMOND, G.; JONES, C. - Inventory of the Carbon & Energy (ICE) Version 1,6a. 2008.

KIBERT, C. - Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery – 2. 2.^a ed. John Wiley & Sons, 2008. ISBN 978-0-470-11421-6

LOQUES, Rafael. **Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada do Cimento Portland.** 2013. Tese de Doutorado. Dissertação de graduação em engenharia civil. UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007774.pdf>. Acesso em: 03 de Junho de 2017.

MATEUS, R. - Avaliação da Sustentabilidade da Construção. Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis: Universidade do Minho. 2009. Tese de doutoramento.

MARINGOLO, V. Clinquer co-processado: Produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento, São Paulo, 2001. 174p.

MPA Cement. **Energy Usage.** Disponível em: < http://cement.mineralproducts.org/sustainability/sustainable_production/energy_usage.php>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

MPA Cement. **Location of MPA member's cement plants.** Disponível em: < http://cement.mineralproducts.org/cement/manufacture/location_of_mpa_members_cement_plants.php>. Acesso em: 03 Junho de 2017.

MPA Cement. **Waste Code of Practice Plus Annexes.** Disponível em: < <http://cement.mineralproducts.org/documents/2014-05-15-Waste-code-of-practice-plus-annexes.pdf>>. Acesso em: 02 Junho de 2017.

MPA Cement. **Annual Cementitious 2001 - 2015.** Disponível em: < http://cement.mineralproducts.org/documents/Annual_Cementitious_2001_2015_v2.pdf>. Acesso em: 12 Junho de 2017.

NETO, Nabut; CARIM, Abdala. Energia incorporada e emissões de co2 de fachadas: estudo de caso do steel frame para utilização em Brasília. 2012. Disponível em: < <http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M11-9A-Abdala-Neto.pdf>> Acesso em: 01 de Junho de 2017.

PAULA, L. G. **Análise Termoeconômica do Processo de Produção de Cimento Portland com Co-Processamento de Misturas de Resíduos.** 158 f. Itajubá, 2009. Dissertação (Mestrado em Conversão de Energia) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009. Disponível em: < <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0034506.pdf>>. Acesso em: 10 de Junho de 2017.

PATO, Pedro Alexandre Melo de Oliveira. **Análise do ciclo de vida do cimento. Caso de estudo: fábrica da Secil-Outão.** 2015. Tese de Doutorado. Disponível em: < https://run.unl.pt/bitstream/10362/17463/1/Pato_2015.pdf> Acesso em: 01 de maio de 2017.

PIRES, Ana Margarida Sousa Frade. **Quantificação do valor ambiental em edifícios: estudo de um caso prático**. 2013. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DO CIMENTO. **História**. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/historia.asp>>. Acesso em: 15 junho de 2017.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DO CIMENTO. **Press Kit 2013**. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/presskit_SNIC_2013.pdf>. Acesso em: 15 junho de 2017.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DO CIMENTO. **Press Kit 2010**. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/presskit_snic_2010.pdf>. Acesso em: 15 junho de 2017.

TAVARES, Sérgio Fernando et al. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89528/236520.pdf?sequence=1>> Acesso em: 01 de maio de 2017.

TILLMAN, Anne-Marie et al. Choice of system boundaries in life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 2, n. 1, p. 21-29, 1994. Disponível em: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/23738/local_23738.pdf. Acesso em 05 de Maio de 2017.