

ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CIMENTO PORTLAND CP II - Z

Michael Diogo Ferreira dos Santos

Resumo: Este trabalho tem por finalidade apresentar o estudo do processo produtivo do Cimento Portland CP II-Z, descrevendo suas etapas. O cimento Portland CP II-Z é fabricado com 75-80% de calcário e 20-25% de argila. O processo inicia com a mineração, que consiste na etapa onde são extraídas as matérias-primas necessárias ao processo. Além do calcário, a argila também é extraída em alguns setores da mina e britada. Após britados, ambos passam por uma pré-homogeneização buscando um material mais uniforme. A próxima etapa consiste na moagem de cru (calcário, argila e materiais corretivos), onde é preparada a mistura crua (farinha obtida após a moagem de cru), através do tratamento da matéria-prima nos moinhos de bolas e moinhos verticais, para que se reduza sua granulometria. A clínquerização é a etapa seguinte, é quando o material processado na moagem de cru passa por um forno rotativo onde se dá a transformação química dos materiais naturais (farinha) em materiais sintéticos (clínquer). O clínquer produzido passa por um processo de moagem juntamente com outros materiais aditivos (gesso, calcário, escória, pozolanas), neste momento o cimento é produzido segundo as normas de definição e regulamentação do produto.

Palavras-chave: Cimento Portland; Clínquer; Processo de produção.

1. INTRODUÇÃO

Na história da civilização humana, a descoberta de materiais de ação cimentante, foi posterior ao descobrimento do fogo e próximo ao descobrimento da cerâmica. Tal descoberta deve-se aos povos mediterrâneos, que passaram seus conhecimentos para egípcios, gregos e romanos, tendo sido ampliados e aperfeiçoados em sucessivas etapas (CALLEJA, 1958 apud SILVA, C.R 1992, p3). [1]

Os gregos e romanos conheciam certos materiais vulcânicos, que quando finamente moídos e misturados à cal extinta e areia, davam argamassas de maior resistência mecânica e, distintamente exibiam a capacidade de endurecer e resistir sob ação de água (SILVA, C.R 1992, 3-4p) [1]

A procura por segurança e durabilidade para as edificações conduziu o homem à experimentação de diversos materiais aglomerantes. Os romanos chamavam esses materiais de “caementum”, termo que originou a palavra cimento (LIMA, A.B, 2011, 10p). [2]

O engenheiro John Smeaton, por volta de 1756, procurava um aglomerante que endurecesse mesmo em presença de água, de modo a facilitar o trabalho de reconstrução do farol de Edystone, na Inglaterra. Em suas tentativas, verificou que a mistura calcinada de calcário e argila se tornava, depois de seca, tão resistente quanto as pedras utilizadas nas construções (LIMA, A.B, 2011, 10p). [2]

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevada resistência mecânica (PETRUCCI, 1979 apud SILVA, R.C 1992, 28p). [1]

O uso das adições minerais na construção civil é anterior à invenção do cimento Portland, tendo iniciado na Grécia, por volta de 1500 a.C., onde se adotava um material originado de erupções vulcânicas ocorridas na ilha Santorini (MALHOTRA, MEHTA, 1996 apud PILAR, R. 2012, 21p). [3]

Dentre as adições minerais incorporadas ao cimento Portland, destacam-se as pozolanas que é um material silicoso ou silico-aluminoso, que por si só possui pouca ou nenhuma propriedade cimentante. Finamente dividida e na presença de umidade, porém, reage quimicamente com hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente, para formar compostos com propriedades cimentantes (MEHTA e MONTEIRO 2008 apud PILAR, R. 2012, 21p) [3]

Uma das melhores maneiras de conhecer as características e propriedades dos diversos tipos de cimento Portland é estudar sua composição. Portanto é de fundamental importância utilizá-lo corretamente. Para isto, é preciso conhecer bem suas características e propriedades, para poder aproveitá-las da melhor forma na aplicação que se tem em vista.

2. METODOLOGIA

Pesquisa bibliográfica por meio de artigos recentes relacionados ao tema, dissertações de mestrado, doutorado,

livros e através de noções práticas do exercício de analista de laboratório em uma indústria de cimento. Visita técnica, onde foram realizadas fotografias dos materiais utilizados no processo, bem como verificação do processo como um todo, desde a extração da matéria prima até o processo de expedição e vendas.

3. ESTUDO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

O cimento Portland se apresenta como um pó fino, com características aglomerantes e, ligantes, que oferece uma resistência mecânica quando exposto ao contato com a água. Esta propriedade de endurecimento, que proporciona a resistência mecânica, não será perdida caso o cimento seja exposto novamente à água, não havendo decomposição. [4]

Existem diversos tipos de cimento sendo produzidos pelo mundo. As características de cada cimento dependem basicamente da sua composição, dos materiais que foram utilizados no seu processo de fabricação e do percentual de cada matéria prima utilizada no processo. Dentre todos os materiais, o mais reativo e o principal responsável pelas características aglomerantes e de resistência é o clínquer, esta mistura do cimento com a água e materiais como areia, argila pozolânica, calcário e outros, resulta nas argamassas e concretos usados nas construções em geral.

Assim sendo, conhecer as propriedades e características dos tipos de cimento Portland é de suma importância para poder utilizá-los da melhor forma possível, aplicando corretamente cada tipo de cimento para o que se tem em vista. [4]

TABELA 1 – Composição dos tipos de cimento Portland

Cimento Portland (ABNT)	Tipo	Clínquer + Gesso (%)	Escória Siderúrgica (%)	Material Pozolânico (%)	Calcário (%)
CP I	Comum	100	-	-	-
CP I – S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CP II – E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CP II – Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CP II – F	Composto	90-94	-	-	6-10
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5

Fonte: ABNT, 2009. [6]

A ABNT NBR 5732/1991, p.2, define cimento Portland como:

“Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos (...).” [5]

O cimento é constituído por uma mistura de calcário e argila, em proporções pré-definidas, que passam por processos físico-químicos e são convertidos em uma mistura de minerais sintéticos que, ao sofrerem hidratação, passam pelo endurecimento e desenvolvem boas propriedades, dentre elas a boa resistência à compressão (MORENO, 2001 apud OLIVEIRA, D.C. 2017, 16p). [5]

A produção do cimento Portland pode ser resumida da seguinte maneira: o processo tem início na extração das matérias-primas (calcário e argila); a fim de reduzir o tamanho das rochas extraídas, as matérias-primas passam pelo processo de britagem e posterior pré-homogeneização. A próxima etapa é a moagem de cru, em que a mistura crua (denominada também de farinha) é colocada em um moinho de bolas a fim de reduzir a granulometria do material (fator de extrema importância no processo de clínquerização), passando, posteriormente, para a homogeneização da farinha. Este material então, passa pela torre de ciclones para que haja um aquecimento prévio para ser então enviada para o forno rotativo, onde ocorre a transformação química das matérias-primas. O material

que sai do forno é denominado clínquer, e passa por um processo de resfriamento e posteriormente para o processo de moagem; é nesta etapa que são adicionados o gesso, calcário, escória e pozolanas. Desta forma, o cimento está pronto para ser embalado e distribuído (MORENO, 2001; MATOS NETO, 2013 apud OLIVEIRA, D.C. 2017, 16p). [5]

3.1 Extração da matéria prima

A mineração é a primeira etapa no processo de produção do cimento. Nesta etapa ocorre a extração das matérias-primas mais importante do processo, calcário e argila, podendo ser extraídas de forma subterrânea ou em lavra a céu aberto.

Para o processo de produção do cimento, outros materiais corretivos são necessários, como: aciaria, bauxita, arisco, gesso entre outros, juntos irão compor a farinha de cru que é proveniente da moagem destas matérias-primas. Estes materiais corretivos oferecem a possibilidade para que sejam corrigidas algumas deficiências que o calcário e a argila possam apresentar. [6]

3.2 Calcário

Rocha sedimentar que consiste essencialmente do mineral calcita (carbonato de cálcio), contendo também algumas impurezas em proporção variável como argilas, sílicas ou ferro.

A cal, que é a parte que realmente interessa na fabricação do cimento, encerra apenas 56% do total da matéria bruta, o que nos diz que de cada tonelada de calcário só se aproveitam 556kg.

Existem várias formas de calcário, variando sua composição, cor, estrutura, cristalinidade etc. As mais comuns são as silicosas, magnesianas, arenosas, entre outras. [6]



Figura 1 – Calcário. FONTE: Autoria própria (2020).

3.3 Argila pozolânica

Materiais como as pozolanas são constituídos por silicosos ou silicoaluminosos que têm baixa atividade aglomerante, porém quando moídos e em contato com a água, reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente formando compostos aglomerantes (ASTM, 21p). [14]

As pozolanas naturais são provenientes das rochas vulcânicas e cinzas vulcânicas. Esses materiais para serem utilizados devem passar pelo processo de britagem, moagem, classificação por tamanho, dentre outros processos (Fonseca 2010, 21p). [14]

Valdir Aparecido Zampieri discorre que:

“(…) Atualmente, considera-se pozolânico todo material natural ou artificial, silicoso ou silicoaluminoso, que por si só não possui nenhuma atividade hidráulica (não reage isoladamente na presença de água). Quando finamente moído, entretanto, exibe a capacidade de se combinar com o hidróxido de cálcio em meio aquoso e à temperatura ambiente, proporcionando a formação de novos compostos com propriedades cimentícias e insolúveis em água.” [7]



Figura 2 – Argila pozolânica. FONTE: Autoria própria (2020)

3.4 Gesso

O gesso (Figura 3) é encontrado na natureza em forma de Gipsita, Bassanita e Anidrita, em jazidas sedimentares de evaporitos, sendo a Gipsita a mais usada em processos de fabricação de cimento Portland. O gesso tem a função de controle do tempo de endurecimento do cimento (tempo de pega) sendo introduzido no processo na etapa de moagem do cimento. Formando uma espécie de película que envolve as partículas de clínquer moído, o gesso retarda o tempo que as partículas de cimento levam para entrar em contato com a água iniciando o seu processo de endurecimento. [6]

A gipsita é um sulfato de cálcio di-hidratado. Ela geralmente ocorre associada à anidrita, um sulfato de cálcio anidro que tem pouca expressão econômica. É um mineral que ocorre em diversas regiões do mundo e suas reservas são abundantes na maior parte dos países produtores (SOBRINHO 2001, 195p) [15]

De acordo com o DNPM (2015), no ano de 2014 a produção mundial de gipsita foi estimada em 246 milhões de toneladas, um aumento de 0,4% em relação ao ano de 2013. A china foi apontada como maior produtora mundial de gipsita e o Brasil como o maior produtor da América do Sul. [15]



Figura 3 – Gesso. Fonte: Autoria própria (2020)

3.5 Materiais corretivos

Para a fabricação do cimento Portland, os componentes principais, calcário e argila, devem apresentar, depois de misturados, uma distribuição pré-determinada de cálcio, alumínio, sílica e ferro. Quando se apresentar uma deficiência em qualquer um desses elementos, deve-se utilizar os correspondentes materiais corretivos que contribuem na mistura com o componente em falta. A Aciaria (Figura 4) pode ser utilizada no processo produtivo da farinha crua por ter uma grande concentração de ferro em sua composição, resultando em uma utilização em pequenas quantidades, suprimindo a falta do elemento faltante. A principal característica dos materiais corretivos deve ser a de possuir grande concentração do elemento faltante, a fim de possibilitar seu uso em pequenas quantidades.



Figura 4 – Aciaria. Fonte: Autoria própria (2020)

3.6 Processo de fabricação do cimento Portland CP II-Z

Fluxograma do processo produtivo do cimento

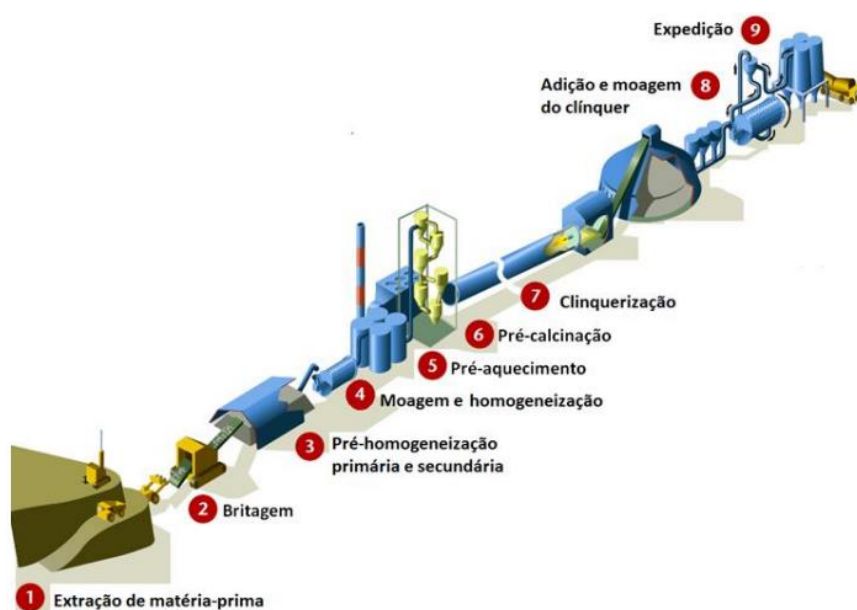


Figura 5 – Principais etapas do processo de fabricação do cimento. FONTE: Adaptado de WBCSD (2009) apud BELATO, M.N 2013, 18p [9]

3.6.1 Extração de calcário e argila

O processo inicia-se com a extração das matérias-primas nas pedreiras de rochas calcárias ou argila, que são extraídas por meio de explosivos e por processo mecânico (escavadeiras), em seguida os materiais são transportados, geralmente por caminhões, até as instalações da britagem. A energia incorporada nesta fase dependerá da metodologia utilizada na extração, somados os combustíveis de todos os equipamentos utilizados nesta fase e no transporte, como tratores, pás carregadeiras, caminhões e outros (NETO, 2011 apud ROGRIGUES. M.F.C 2017, 11-12p). A Figura 6 demonstra a extração de calcário e argila. [8]



Figura 6 – extração de Calcário e Argila. FONTE: (NETO, 2011) [8]

3.6.2 Britagem, Pré Homogeneização e Dosagem

O calcário extraído é transportado por caminhões até as instalações da britagem, onde os blocos são reduzidos a diâmetros menores que 90 mm. Após a etapa de britagem, o calcário e a argila passarão pelo processo de pré homogeneização, antigamente este processo era feito por 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 apud RODRIGUES, M.F.C. 2017, 12-13p). [8]

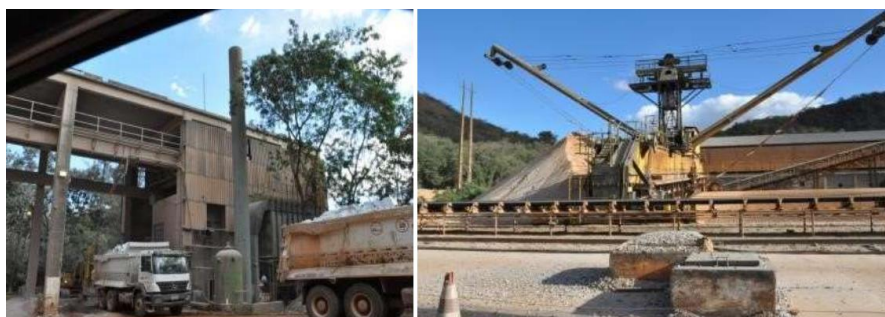


Figura 7 – Estação de Britagem e Baía de Pré Homogeneização e Dosagem. FONTE: (LOQUES, 2013) [8]

3.6.3 Moagem e Homogeneização da Mistura Crua

A mistura das matérias-primas necessita de um processo para reduzir o tamanho de suas partículas. Esse processo de moagem é feito em um moinho de bolas. Esse equipamento consiste em um cilindro horizontal rotativo. Ele tem parte de seu interior preenchido de bolas metálicas. Através da movimentação dessas bolas metálicas no interior do moinho, as partículas são fragmentadas através de três mecanismos principais, sendo eles impacto, compressão e cisalhamento. Eles podem ocorrer isoladamente ou em conjunto (OLIVEIRA, 2012 apud BELATO, M.N 2013, 10p). [9]

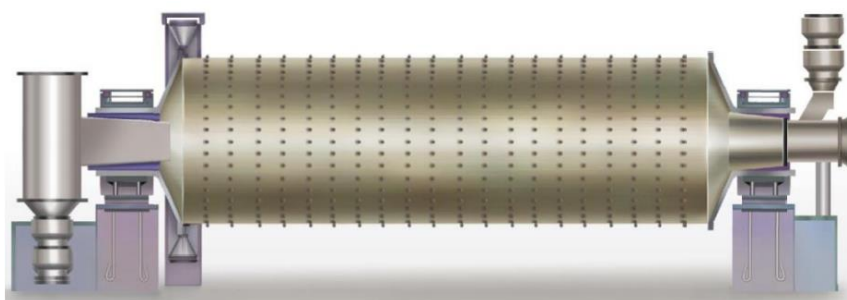


Figura 8 – Moinho de Bolas. FONTE: (PATFAB ENGINEERS PVT. LTD, 2010) [9]

3.6.4 Pré-Aquecimento

Após a homogeneização, a farinha segue para a torre de ciclone, onde ela será pré-aquecida antes de entrar no forno rotativo. O pré-aquecimento consiste nesse processo, onde a farinha passa por uma série de ciclones verticais, entrando em contato com os gases de exaustão do forno rotativo que se movem em contracorrente com a farinha. Esse processo é responsável por remover a umidade restante na farinha. Dependendo do teor de umidade presente

na matéria-prima, uma torre de ciclone pode ter até 6 estágios de ciclones, com aumento da recuperação de calor com cada estágio extra (BELATO, M.N 2013, 13p) [9]



Figura 9 – Pré-aquecedor/Torre de ciclone. FONTE: (PATFAB ENGINEERS PVT. LTD, 2010) [9]

3.6.5 Pré-Calцинаção

Nessa etapa, a farinha pré-aquecida entra no pré-calcinador, uma câmara de combustão onde o material permanece em uma temperatura em torno de 800°C. Dentro dessa câmara ocorre cerca de 90% da reação de calcinação, que consiste na decomposição do calcário em óxido de cálcio. Somente parte da calcinação ocorre no pré-calcinador para garantir uma temperatura constante no local. Enquanto está ocorrendo a calcinação, a temperatura da câmara permanece constante. Se a calcinação se completasse no pré-calcinador, seria difícil controlar a temperatura com que o material entra no forno.

A temperatura permanece constante nesse processo por meio da adição de combustíveis na câmara. Sendo assim, essa etapa permite a queima de combustíveis com um poder calorífico menor do que o permitido para os fornos rotativos, aumentando a utilização de combustíveis secundários com baixo poder calorífico e economizando os combustíveis utilizados no forno (BELATO, M.N 2013, 14p) [9]

No Brasil, as fábricas de cimento utilizam o pré-aquecedor e o pré-calcinador no processo produtivo, pois o seu uso acarreta um menor gasto de energia no processo de calcinação. (SNIC, 2012 apud BELATO, M.N 2013, 14p) [9]

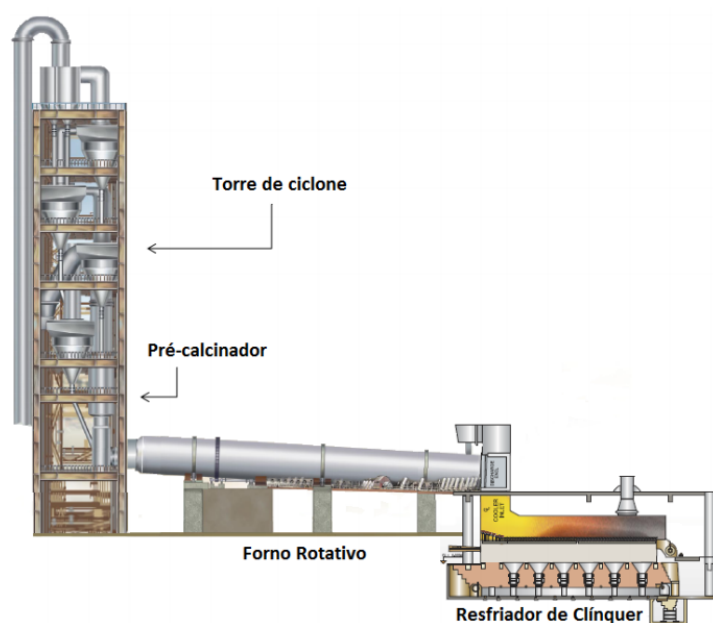


Figura 10 – Conjunto do Pré-Aquecedor, Pré-Calcinador e Forno Rotativo de Clínquer. FONTE: (PATFAB ENGINEERS PVT. LTD, 2010) [9]

3.6.6 Clinquerização

A farinha produzida na etapa anterior é introduzida no forno rotativo para a produção de clínquer. O forno de clínquer consiste de um cilindro rotativo horizontal ligeiramente inclinado, com 50 a 150 metros de comprimento e de 4 a 6 metros de diâmetro, revestido internamente de material refratário e com chama interna com temperatura de até 2000°C. A farinha é queimada dentro do forno, onde sofre reações químicas, saindo com uma temperatura em torno de 1450°C (US EPA, 2010 apud BELATO, M.N 2013, 15-16p) [9]



Figura 11 – Forno de Clínquer. FONTE: (PATFAB ENGINEERS PVT. LTD, 2010) [9]



Figura 12 – Clínquer. Autoria própria (2020).

3.6.7 Adição e moagem do clínquer

Após resfriamento, o clínquer é moído junto com outras matérias-primas em um moinho de bolas. Os aditivos utilizados são o gesso, argila pozolânica e o calcário. Eles são armazenados em silos separados. A quantidade que é adicionada de cada um deles no clínquer diferencia os tipos de cimento Portland produzidos, sendo que o gesso é o único aditivo que está sempre presente na mistura (Bernardo, 2009 apud BELATO, M.N 2013, 16p) [9]



Figura 13 – Moagem de clínquer. FONTE: (SNIC, 2020) [13]

3.6.8 Expedição

O cimento produzido é comercializado de duas maneiras: a granel ou em sacos de 40 ou 50 kg, dependendo do tipo de cimento. No caso dos sacos, o ensacamento é feito automaticamente por máquinas que enchem os sacos de papel Kraft até atingirem o peso e formato ideais.

3.6.9 Aspectos socioambientais e econômicos

Os impactos relacionados ao processo produtivo do cimento acontecem em todas as suas fases, desde a extração, passando pela produção, até sua disposição final. A indústria do cimento é uma atividade que apresenta elevado potencial poluidor. Há fontes de poluição em todas as etapas do processo – moagem e homogeneização das matérias-primas; clínquerização no forno rotativo e resfriamento do clínquer, moagem do clínquer, adições e produção de cimento, ensacamento e expedição do produto; e pontos de transferência de materiais. Os níveis e as características das emissões dos poluentes dependem das características tecnológicas e operacionais do processo industrial, em especial, dos fornos rotativos de clínquer, da composição química e mineralógica das matérias-primas, e da composição química dos combustíveis empregados; da marcha operacional dos fornos de clínquer; e da eficiência dos sistemas de controle de emissão de poluentes instalados (SANTI & SEVAFILHO, 2004, 6p). [12]

(CARVALHO, M.B.M, 2008, 44p) de acordo com IPCC, 2008 apud MCT, 2006 discorre que:

A indústria de cimento tem sido apontada como geradora de impactos tanto ambientais, como sociais. Impactos relacionados com as comunidades no entorno das fábricas são corriqueiros e a alguns deles causam conflitos com seus habitantes, tanto por gerarem problemas no meio natural como questões relacionadas à saúde humana, por meio de contaminações no ar, na água ou no solo. Evidentemente nem todas as fábricas de cimento são problemáticas, já que parte delas vem cada vez mais se comportando de forma a atender legislações, buscando uma maior responsabilidade socioambiental. Entretanto, mais recentemente, com a questão do aquecimento global e das mudanças climáticas em foco, o setor passou a ser também visado por ser um grande emissor de gases do efeito estufa, causando um macro-impacto em escala mundial. [10]

Resolução CONAMA nº 1/86 (MMA, 1986) adota o conceito de impacto ambiental como:

Art. 1º - Para efeito desta resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físico, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – à biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade dos recursos ambientais. [11]

Os fornos da indústria do cimento, pelas altíssimas temperaturas alcançadas no seu interior (até 2000°C), representam uma alternativa amplamente difundida e reconhecidamente adequada e segura para a destruição térmica de resíduos industriais e passivos ambientais. [13]

Nessa alternativa, conhecida como coprocessamento, a indústria aproveita resíduos como substitutos de combustível ou matéria-prima. Esse processo, além de dar uma destinação ambientalmente adequada a rejeitos de outras atividades, permite, ainda que parcialmente, reduzir o uso de combustíveis tradicionais não renováveis, como o coque de petróleo, o óleo combustível e o carvão mineral. [13]

O coprocessamento de resíduos consegue destruir de forma ambientalmente correta e segura uma ampla gama de resíduos industriais, dos quais os principais são:

- Pneumáticos usados
- Borras oleosas, graxas, tintas e solventes
- Plásticos e borrachas
- Resíduos de madeira e serragem, papel e papelão
- Lodos de estações de tratamento de efluentes
- Terras contaminadas
- Grãos vencidos e carcaças de animais

O coprocessamento oferece diversas vantagens:

- Eliminação definitiva, de forma ambientalmente correta e segura, de diversos tipos de resíduos e passivos

ambientais;

- Substituição de combustíveis fósseis não renováveis por combustíveis alternativos;
- Preservação de jazidas, pela incorporação de compostos inorgânicos à estrutura do clínquer em substituição a parte das matérias-primas, sem nenhuma alteração das características e qualidade do produto;
- Contribuição à saúde pública, por exemplo, no combate aos focos de dengue com a destruição de pneus inservíveis;
- Redução das emissões de gases de efeito estufa, através do uso de combustíveis alternativos com menos emissão de CO₂. [13]

4. CONCLUSÕES

Conhecer parâmetros e métodos de funcionamento do processo produtivo e, levar em consideração todos os aspectos que possam gerar prejuízos sociais, ambientais e de segurança, fazem parte dos cuidados que se deve ter em um processo industrial de grande porte, como é a indústria cimenteira.

Desde a extração da matéria-prima, o processo requer um controle de qualidade minucioso, caracterizando granulometrias, homogeneidade e tendo ciência dos percentuais dos elementos químicos envolvidos que passarão pelo processo. A matéria-prima que passa pela moagem (crua) deve apresentar umidade dentro dos parâmetros adequados, para que não haja problemas no interior do moinho. Sua composição deve ser conhecida durante todo tempo de produção, para que, posteriormente, não apresente problemas na farinha produzida e, também, na clínquerização, não oferecendo riscos à integridade do forno rotativo por meio de uma queima lenta e indesejada.

O processo de cliquerização é reconhecido como o mais importante, é nele que ocorrem as reações químicas que formam o clínquer, material em maior quantidade na composição do cimento Portland. O clínquer é o responsável pela principal característica do cimento, a resistência mecânica.

O processo da indústria cimenteira se mostrou complexo, extenso, contudo, muito interessante por apresentar inúmeros equipamentos, reações químicas, controle de qualidade e, pela importância de realizar o co-processamento dos rejeitos de outros processos produtivos, gerando a destruição destes materiais acarretando em um menor uso de combustíveis não renováveis no interior do forno rotativo e, obtendo economia para a indústria cimenteira.

O produto final (cimento) é obtido após várias etapas controladas, onde podem ocorrer diversas variações: na qualidade do material, homogeneização, temperatura no interior do forno rotativo, umidade da matéria-prima, correntes de exaustão no interior dos moinhos de bolas, pressão, resfriamento etc. É um processo longo, que necessita de um controle contínuo, com produção constante em grandes proporções e, empregabilidades com níveis de responsabilidade elevados, com isso, conhecer a composição do cimento é essencial para aplicá-lo de maneira correta e segura.

Através do estudo bibliográfico do processo produtivo do cimento Portland, foi possível perceber que, é essencial conhecer a composição do cimento, pois, é a partir desta que surgirão suas diferentes características e empregabilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, R.C **Cais aditivadas com pozolana e cimento Portland**: 1992. 3p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba – Campina Grande, Paraíba. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3097>>. Acesso em: 03 fevereiro 2020.
- [2] LIMA, A.B. **O processo produtivo do cimento Portland**: 2011. 10p. Monografia – Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9C6HHC>>. Acesso em 02 fevereiro 2020.
- [3] PILAR, R. **Avaliação da atividade pozolânica da cinza pesada moída em pastas de cimento Portland**: 2012. 21p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/100422>>. Acesso em: 03 fevereiro 2020.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo, 2002.
- [5] OLIVEIRA, D.C **Avaliação da atividade pozolânica de turfa em cimento Portland**: 2017. 15-16p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alfenas, Campus de Poços de Caldas. Disponível em: <<http://bdtd.unifal-mg.edu.br:8080/bitstream/tede/1078/5/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Deborah%20Caroline%20de%20Oliveira%202017.pdf>>. Acesso em: 30 janeiro 2020.

-
- [6] MOURA, M.M.; SANTOS, M.L.Q.; NOGUEIRA, J.A. **Análise da produção de cimento Portland**: Disponível em: <http://revistapensar.com.br/direito/pasta_upload/artigos/a263.pdf>. Acesso em: 30 janeiro 2020.
- [7] ZAMPIERI, V.A **Cimento Portland aditivado com pozolanas de argilas cancinadas: fabricação, hidratação e desempenho mecânico**: 1993. 5p. Tese (Doutoramento) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1993. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44135/tde-25062015-102757/en.php>>. Acesso em 30 janeiro 2020.
- [8] RODRIGUES, M.F.C **Uma análise preliminar da energia embutida no cimento considerando Brasil e Reino Unido**: 2017. 11-12-13p. Monografia (Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos – Universidade Federal de Santa Maria, Foz do Iguaçu, Paraná. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12580>>. Acesso em 31 janeiro 2020.
- [9] BELATO, M.N **Análise da geração de poluentes na produção de cimento Portland com coprocessamento de resíduos industriais**: 2013. 10-18p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/795>>. Acesso em 31 janeiro 2020.
- [10] CARVALHO, M.B.M **Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal**: 2008. 44-53-54p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, Distrito Federal. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/1878>>. Acesso em 31 janeiro 2020.
- [11] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Resolução Conama nº 1/86**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em 31 janeiro 2020.
- [12] SANTI, Auxiliadora M.M., & SEVÁ FILHO, Arsênio Oswaldo. **Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento**: Casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e possíveis generalizações. II Encontro nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – Anppas. Campinas, 2004.
- [13] SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2020. Disponível em: <<http://snic.org.br/processo-de-producao.php>>. Acesso em 31 janeiro 2020.
- [14] FONSECA, J.A; PIOVESAN, J; LOPES, R.K. **A utilização do vidro como material pozolânico para o concreto**: 2019. 21p. Economia e Sociedade, Porto Velho, volume especial. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/d9b2/d8c2ec28684efd4358e0a91838d664e180aa.pdf>>. Acesso em 19 fevereiro 2020.
- [15] MELO, K.K.S; LIMA, A.P.C; SANTANA, M.C **Caracterização química mineralógica dos resíduos da mineração de gipsita no semiárido pernambucano**: 2017. 195p. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/6456>>. Acesso em 19 fevereiro 2020.