



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PENEDO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA**

ALISSON YAN FARIAS FERREIRA

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO

**PENEDO, AL
2022**

ALISSON YAN FARIAS FERREIRA

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

Orientador: Raul César da Silva Nascimento

PENEDO, AL
2022



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Biblioteca

F383p

Ferreira, Alisson Yan Farias.

Processo de fabricação do cimento/ Alisson Yan Farias Ferreira.
– 2022.

14f. : il.

Orientação: Prof. Raul César da Silva Nascimento.
Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio
Subsequente em Química) – Instituto Federal de Alagoas,
Campus Penedo, Penedo, 2022.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Cimento - Fabricação. 2. Processos industriais - Cimento. I.
Nascimento, Raul César da Silva. II. Título.

CDD: 620.135

Maria Luzia Alexandre de Oliveira
Bibliotecária/Documentalista
CRB-4/2159

ALISSON YAN FARIAS FERREIRA

FABRICAÇÃO DO CIMENTO

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Química do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

APROVADO(A) EM: 19/Abril/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Raul César da Silva Nascimento
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Prof. Me. Mirelle Marcio Santos Cabral
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Prof. Me. Wellington Santos
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar a importância do cimento e todas as suas etapas de fabricação. O cimento é o material criado pelo homem mais utilizado do mundo. Podemos perceber que é muito importante a existência do mesmo para o desenvolvimento de uma sociedade através da construção de saneamento básico, casas, escolas, etc. O cimento está ligado a tudo isso, e é produzido basicamente pelos materiais calcário e argila, que são extraídas da natureza através da mineração, indo para a indústria pelo transporte rodoviário até chegar ao destino, onde é estocado em pilhas. Tal forma de armazenamento já faz uma homogeneização dos materiais transformando-se em agical; em seguida, é levado aos moinhos para trituração, diminuindo a granulometria do agical até que se torne uma farinha fina, chamada farinha de cru. Esse material é transportado para ser aquecido na torre de ciclone, que se dirige a um alto forno elevando ainda mais a sua temperatura. Tem-se, então, a formação do clínquer. Isso ocorre porque a alta temperatura provoca uma pré-fusão da farinha de cru a deixando na forma de pequenas pedras que, posteriormente, serão trituradas em um moinho. Nessa etapa, são adicionados os aditivos de acordo com as especificações do cimento, tais como minério de ferro, escória de alto forno, gesso, entre outros. Tudo é moído e armazenado em silos para que o produto possa ser ensacado ou vendido a granel.

Palavras-chave: Desenvolvimento do cimento. Fabricação do cimento. Importância do cimento na sociedade.

ABSTRACT

Present work aims to show all stages of manufacturing and importance of cement. Cement is the most used material created by man in the world, so we can see that its existence is very important for the development of a society through the construction of basic sanitation, houses, schools, etc. Cement is linked to all this, where it is basically produced from limestone and clay materials, which are extracted from nature through mining, going to the industry by road transport until reaching the destination where it is stored in piles. This form of storage already makes a homogenization of the materials, transforming it into agical, then it is taken to the mills for crushing, reducing granulometry of agical until it becomes a fine flour called raw flour. This material is transported to be heated in the cyclone tower where it goes to a blast furnace, raising its temperature even more. Then there is the formation of clinker. This is because the high temperature causes a pre-fusion of raw flour, leaving it in the form of small stones that will later be crushed in a mill. At this stage, additives are added according to cement specifications, such as iron ore, blast furnace slag, gypsum, among others. Everything is ground and stored in silos so the product can be bagged or sold in bulk.

Key words: Cement development. Cement manufacturing. Importance of cement in Society.

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo tem como finalidade mostrar a evolução do cimento e como o mesmo é importante para o desenvolvimento da sociedade. Em uma cidade é fácil ver construções que tenham a presença do cimento. Este produto é o material sintético mais utilizado pelo homem, de suma importância para o desenvolvimento da sociedade, para as construções de saneamento básico, hospitais, escolas, casas, portos e aeroportos. Em todas essas construções, o cimento se faz necessário. Podemos ver na história da humanidade que o ser humano sempre precisou construir, a princípio para se proteger do tempo, chuva e de animais. Com o passar do tempo, a necessidade de fazer construções de moradias mais resistentes foi crescendo e, para isso, a evolução do material ligante foi acompanhando esse crescimento. Povos antigos construíam fortes para a sua proteção, estruturas para otimizar a agricultura, portos para seus barcos, entre outros. A partir, então, da problemática da construção de estruturas que fossem mais resistentes e duráveis o cimento foi criado, muito utilizado, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, visando obras que tragam qualidade de vida Resuenho(2017).

2 O cimento e suas etapas de produção

2.1 Origem do cimento

O cimento é um material muito importante para a sociedade. Há relatos de que, no princípio da história, já se utilizava uma espécie de material ligante para as construções. Analisando os fatos históricos, podemos perceber que os babilônios e assírios usavam argila crua e fibras vegetais para construir suas casas; os egípcios fizeram uma espécie de argamassa com gesso para a construção das pirâmides. Com o passar do tempo, esse material foi evoluindo, e podemos perceber uma melhoria notória com os romanos, que adicionaram cinzas vulcânicas na argila e cal, promovendo grandes construções para o desenvolvimento daquela sociedade, como aquedutos e portos, onde muitas delas resistiram ao tempo (BATTAGIN, 2011). A palavra cimento vem do latim *caementu*, designada pedra natural de rochedos na antiga Roma. Acredita-se que o cimento tem suas interfaces há cerca de 4.500 anos.

A grande evolução do cimento aconteceu no ano de 1756, pelo inglês John Smeaton, que misturou calcários moles e argilosos e os queimou, produzindo um material mais resistente. Com o passar do tempo, em 1824, o inglês Joseph Aspdin juntou pedra de calcários e argila, calcinou e triturou, transformando tudo em um pó fino. Este material, depois de preparado e seco ficava resistente e não dissolvia com água, tendo bastante aceitação, sendo patenteado como cimento Portland, que se assemelhava com as pedras e rochedos que tem naquela região (MAURY, 2012).

De acordo com Maury (2012), o cimento está muito presente em nossa sociedade, principalmente nas obras da atualidade. Podemos observar que nas grandes cidades vemos com muita facilidade construções onde o cimento foi utilizado. Desde o século XX, vem sendo a solução para muitos problemas da modernidade. Por possuir matéria-prima barata, é um material acessível à população, permitindo a realização de obras de vários portes, promovendo, assim, o desenvolvimento da sociedade.

Os estudos sobre o cimento no Brasil começaram com Antônio Proost Rodovalho por volta de 1888, que instalou uma fábrica em sua propriedade, fazenda Santo Antônio, em Sorocaba-SP. Com isso vieram várias iniciativas esporádicas para a fabricação nacional de cimento. No ano de 1890, no estado da Paraíba, o engenheiro Louis Felipe Alves da Nobrega, que trouxe conhecimento sobre a fabricação do cimento ao retornar de seus estudos na França, montou sua própria fábrica de cimento na ilha de Tiriri, na Paraíba. Mas seu empreendimento durou apenas três meses, pois sua fábrica não tinha poder de competição com o cimento que vinha de fora do Brasil. Com o passar dos anos, foram se instalando várias indústrias pelas regiões do Brasil, mas, por possuírem pequena produtividade, não conseguiam competir com o cimento oriundo de outros países. No ano de 1924, foi quando começou a alavancar a produção, devido à implementação pela companhia brasileira de cimento Portland. Antes do surgimento dessa fábrica, o consumo do cimento era totalmente dependente da importação, mas, com a implementação de novas fábricas, gradativamente, foi-se aumentando o consumo do produto nacional. Na década de 1970, houve um crescimento acentuado na produção de 9,8 para 27,2 milhões de toneladas nos anos 1980. Devido a fatores econômico da época, houve uma estagnação na produção; porém, no ano de 1999, com a chegada do plano real, a produção aumentou para 40,2 milhões de toneladas. Entretanto, no ano de 2000, a fabricação diminuiu devido à crise mundial e a instabilidade financeira. A

produção veio se estabilizar em 2004, conseguindo os 40 milhões de toneladas, número esse que foi só aumentando com o passar dos anos. Em 2010, a produção alcançou 59 milhões de toneladas (BATTAGIN, 2011).

2.2 Matéria-prima

De acordo com Lima (2011), o cimento é composto basicamente por calcários e argila, que são os materiais em maior quantidade. Há também o gesso, utilizado para controlar o tempo de pega (secagem do cimento e/ou endurecimento do produto). Esses materiais são extraídos da natureza através de jazidas de mineração, conforme mostrado na Figura 1, contendo bastante impurezas tais como óxido de ferro, alumínio e silício, que são benéficos para a produção. Alguns componentes são indesejáveis, como o óxido de magnésio, sódio e potássio. Como aditivos, são usados o minério de ferro e a areia, que servem para a correção de alguma fraqueza presente na argila. Outro material usado na fabricação é a escória de alto forno, que é usada para conferir resistência ao cimento. A Figura 2 mostra alguns exemplos de matérias-primas.

Figura 1. Jazida de mineração



Fonte: Campello (2010)

Figura 2. Matérias-primas para fabricação de cimento



Fonte: SlidePlaye (2022)

2.3 Etapas de produção

Na etapa de armazenagem, o material britado (argila e cal) vai para o armazém, apresentado na Figura 3, sendo depositado em pilha por um equipamento chamado de *stacker*, ilustrado na Figura 4, e já promovendo uma pré-homogeneização para minimizar as variações químicas do produto.

Figura 3. Armazém



Fonte: Lima (2011)

Figura4: Sracker



Fonte: Lima (2011)

Este material precisa diminuir a dimensão do grão, então segue para conjuntos de 96 martelos, mostrados na Figura 5. Nesse martelo britador, o argical

entra com uma granulometria de 150 mm até chegar ao moinho de bolas de cru, como indicado na Figura 6. Trata-se de um cilindro rotativo contendo bolas de aço em seu interior para que ocorra uma otimização da trituração do produto, deixando-o na dimensão de 0,05 mm. O argical nesta granulometria se chama farinha de cru Lima(2011).

Figura 5: Conjunto de martelos



Fonte: Lima (2011)

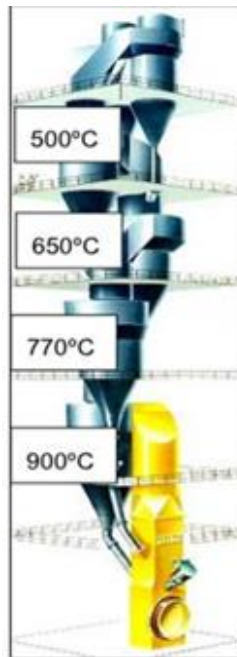
Figura 6: Moinho de bolas de cru



Fonte: Lima (2011)

A farinha pronta vai para os silos, passando em seguida pelas balanças dosadoras chegando até a torre ciclone, ilustrada na Figura 7. A torre ciclone é muito importante para fazer a queima parcial da farinha e a sua limpeza. A farinha entra no topo da torre com 1600 kg e por causa da perda de CO₂ sai apenas 1000 kg. A parte superior da torre é a menos quente atingindo uma temperatura de 400 °C, região por onde entra a farinha; e a parte inferior chega a valores de 900°C Lima (2011).

Figura 7. Torre ciclone



Fonte: Lima (2011)

Ao sair do ciclone a farinha vai até o forno, um cilindro de 160 metros conforme mostrado na Figura 8. Ele possui uma leve inclinação e trabalha em baixa rotação, de 0,4 a 0,5 RPM, onde é revestido em seu interior com material refratário e fora com isolante térmico com o intuito de promover a otimização do mesmo mantendo a temperatura do interior do forno. Para que ocorra a clinquerização tem que se atingir uma temperatura de 1230°C; maior que esse valor há um gasto de energia e menor, não ocorre a pre-fusão (LIMA, 2011).

Figura 8. Forno cilíndrico



Fonte: Lima (2011)

O material que sai do forno tem formato esférico de dimensões variadas. Trata-se do clínquer, mostrado na Figura 9, que sai do forno em temperatura elevada e por causa disso segue até uma fase de resfriamento. Esta etapa pode ser feita de várias maneiras, porém existem duas que são mais adotadas: os satélites (ou planetários) e os de grelha.

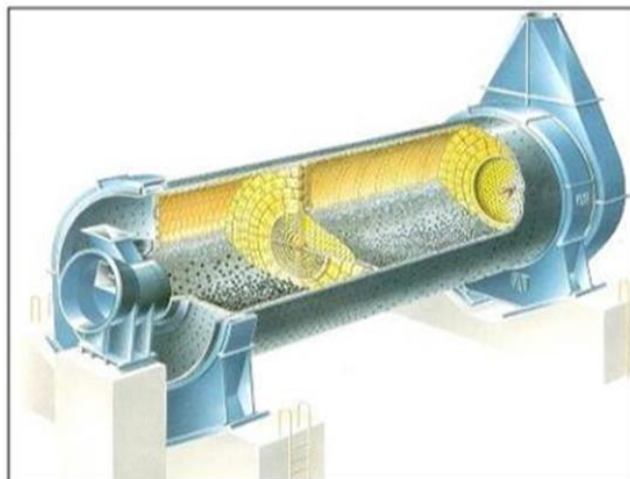
Figura 9. Clínquer



Fonte: Alibaba (2022)

Ao fim do resfriamento, o clínquer vai para o moinho (Figura 10), onde nessa moagem são adicionados os materiais necessários de acordo com a especificação do cimento.

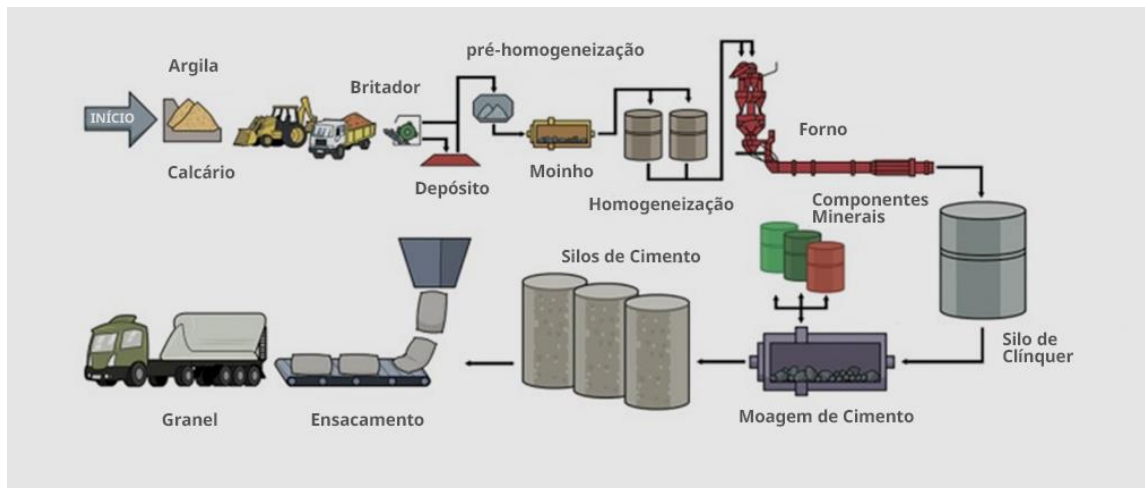
Figura 10. Moinho de cimento



Fonte: Lima (2011)

Por fim, o cimento, na forma do produto final, é transportado pneumaticamente para os silos, onde de lá será comercializado em granel ou em sacos. (BATTAGIN, 2011). Na Figura 11, podemos ver de um modo geral como ocorre todo o processo.

Figura 10. Fluxograma da fabricação de cimento.



Fonte: LafargeHolcim (2017)

2.4 Padronização

Existem vários tipos de cimentos e uma série de critérios a serem seguidos para a produção do mesmo. Para se ter o controle de qualidade, são feitas várias análises físico-mecânicas, conforme mostrado na Tabela 1. São elas: finura, tempo de pega, expansibilidade e resistência a compressão. Tais análises são muito importantes para que não haja problemas futuros nas construções, sabendo de fato como o cimento vai atuar, o quanto ele vai expandir, evitando rachaduras, a sua resistência ao peso e o seu tempo de secagem Giraedi (2014).

Tabela 1. Parâmetros físico-mecânicos dos tipos de cimentos.

Sigla ^a	Classe	Finura	Tempo de início de pega min	Expansibilidade a quente mm	Resistência à compressão MPa				Índice de branco ra
		Resíduo peneira 75 µm %			1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	
CP I CP I-S CP II-E CP II-F CP II-Z	25	≤ 12,0	≥ 60	≤ 5	--	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	-
	32	≤ 12,0	≥ 60	≤ 5	--	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	
	40	≤ 10,0	≥ 60	≤ 5	--	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	
CP III CP IV	25	≤ 8,0	≥ 60	≤ 5	--	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	--
	32	≤ 8,0	≥ 60	≤ 5	--	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	--
	40	≤ 8,0	≥ 60	≤ 5	--	≥ 12,0	≥ 23,0	≥ 40,0	--
CP V	A RI	≤ 6,0	≥ 60	≤ 5	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	--	--
CPB Estrutural	25	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5		≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 78
	32	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5		≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	
	40	≤ 12 ^b	≥ 60	≤ 5		≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	
CPB Não estrutural	--	≤ 12,0 ^b	≥ 60	≤ 5	--	≥ 5,0	≥ 7,0	≥ 10,0	≥ 82

^a Requisitos aplicáveis também aos cimentos resistentes aos sulfatos e de baixo calor de hidratação, identificados por sua sigla seguida do sufixo RS ou BC, respectivamente.
^b Resíduo na peneira 45 µm

Fonte: Votorantim (2022)

Análises químicas também são realizadas, como a quantidade de sólido insolúvel, perda ao fogo e teores de óxidos MgO, SO₃ e CO₂ (Tabela 2). Este procedimento tem como minimizar o impacto ambiental (BATTAGIN, 2011).

Tabela 2. Tabela de parâmetros químicos para diversos tipos de cimento.

Sigla ^a	Resíduo insolúvel (RI)	Perda ao fogo (PF)	Oxido de magnésio (MgO)	Trióxido de enxofre (SO ₃)
CP I	≤ 5,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,5
CP I-S	≤ 3,5	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,5
CP II-E	≤ 5,0	≤ 8,5	-	≤ 4,5
CP II-F	≤ 7,5	≤ 12,5	-	≤ 4,5
CP II-Z	≤ 18,5	≤ 8,5	-	≤ 4,5
CP III	≤ 5,0	≤ 6,5	-	≤ 4,5
CP IV	--	≤ 6,5	-	≤ 4,5
CP V ^b	≤ 3,5	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,5
CPB Estrutural	≤ 3,5	≤ 12,0	≤ 6,5	≤ 4,5
CPB Não estrutural	≤ 7,0	≤ 27,0	≤ 10,0	≤ 4,5

^a Requisitos aplicáveis também aos cimentos resistentes a sulfatos e de baixo calor de hidratação, identificados por sua sigla seguida do sufixo RS ou BC, respectivamente.

^b No caso de cimentos resistentes a sulfatos derivado do cimento tipo CPV, não há limitação para RI e MgO.

Fonte: Votorantim (2022)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de cimento gera muitos resíduos ao meio ambiente, principalmente no ar atmosférico. Como foi falado mais acima, no processo da torre ciclone é perdido mais de 37% de material para atmosfera, isso pode trazer danos prejudiciais à saúde da população que viver na região. Por isso devemos sempre procurar otimizar o processo e produzir com responsabilidade. Porque o cimento é um produto muito importante para o ser humano. O homem sempre precisou de um material ligante e aglomerante para fazer suas construções, usando material de baixa duração, até sintetizar o cimento. Com isso a sociedade conseguiu evoluir bastante, aumentando a qualidade de vida. É tanto que o cimento é o material sintético mais utilizado pelo o homem. Através dele faz casas, hóstias, escolas, saneamento básico, etc. então é um material que nos não podemos fica sem.

REFERÊNCIAS

BATTAGIN, A. F. **CIMENTO PORTLAND**. Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011.

GIRARDI, R. **Estudo de viabilidade do cimento Portland que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul no período de 1992 a 2012**. Porto Alegre, 2014.

LIMA, A. B. **O PROCESSO PRODUTIVO DO CIMENTO PORTLAND**. Belo Horizonte, 2011.

MAURY, M. B. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 3, n. 1, p. 75-96, jan/jun, 2012.

RESUENHO, E. S. **A DINÂMICA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CIMENTO NO NORDESTE PARAENSE**. CAPANEMA-PA, 2017.

CAMPELLO, M. S. **Rochas carbonáticas**. Belo Horizonte, 2010.

LafargeHolcim. **Como é feito o cimento, sua composição e nomenclatura no mercado**. 2017.

VOTORANTIM. **NORMA COMENTADA: ABNT NBR 16697 - CIMENTO PORTLAND - REQUISITOS**. 2022.

ALIBABA. **Clinker de cimento branco e cinza do Vietnã**. 2022.

SLIDEPLAYES. **Operações Unitárias**. 2022