666.94
M 664m

MINEROPAR

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTÉCA

# MANUAL DE TÉCNICAS PARA FABRICAÇÃO DO CIMENTO *

CURITIBA
1981

666.94
M664

* ELABORADO PELO SETOR DE FOMENTO E ECONOMIA MINERAL, BASEADO NO MANUAL DA CIA DE CIMENTO PORTLAND RIO BRANCO.

Registro n. 809
Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTÉCA
REG. 809 DATA 03.06.85

MINERAIS DO PARANÁ S/A.
MINEROPAR
BIBLIOTECA

# 1. AGLOMERANTES

## 1.1. CIMENTO

Cimento é toda e qualquer substância que possui propriedades de ligação com outros materiais. Geralmente, porém, o termo restringe-se aos cimentos hidráulicos entre os quais o PORTLAND é o mais importante. A origem do nome deve-se ao inglês Joseph Aspdin que, em 1779, obteve um produto cuja côr era igual à da pedra de Portland - uma pedra especial, ainda muito usada na Inglaterra, para construções.

I - TIPOS

a) Cimento portland comum
   alta resistência inicial
   metalúrgico
b) Cimento branco: emprego geralmente não estrutural. É um cimento portland comum com teor de óxidos de ferro baixo(praticamente isento) e fabricado utilizando-se como argila e caulinita.
c) Cimentos impermeáveis.
d) Cimentos estáveis e sulfatos.
e) Cimentos resistentes a corrosivos.
f) Cimentos de pega rápida.
g) Cimentos de pega lenta
   Endurece em condições de temperatura e pressão elevadas. Empregado em poços de petróleo.
h) Cimento elétrico(fornos elétricos).
i) Cimentos aluminosos.
   São altamente resistentes(alto teor de $Al_2O_3$), empregados em obras marítimas.
j) POZOLÂMICOS - cinzas, carvão e materiais vulcânicos.

NOTA: somente será considerado o cimento portland, por ser o mais importante, em termos de quantidade produzida.

## II - COMPONENTES

Segundo a ABNT "o cimento portland é o aglomerante obtido pela pulverização do clinquer resultante da calcinação até a fusão insipiente de uma mistura íntima e convenientemente proporcionada de materiais calcáreos e argilosos sem adição, após a calcinação de outras substâncias a não ser água e gêsso".

COMPONENTES FUNDAMENTAIS

| | | |
|---|---|---|
| Cal | (CaO) ..... | 63 - 67% |
| Sílica | ($SiO_2$)..... | 20 - 24% |
| $R_2O_3$ | (Al e Fe) ..... | 7 - 11% |
| Mg, $SO_3$ | ..... | mínimo |
| Óxidos de Na, K, Ti, etc | ..... | traços |

Sua composição pode ser definida através de módulos ou proporções entre as percentagens em pêso dos vários componentes:

| SÍMBOLO | MÓDULO | FÓRMULA | VALORES |
|---|---|---|---|
| MH | Hidraulicidade | $\frac{\%\ CaO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + Fe_2O_3}$ | em torno de 2 |
| MS | Argiloso Sílica | $\frac{\%\ SiO_2}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$ | em geral superior a 2 |
| MF | Fundentes (Alumina) | $\frac{\%\ Al_2O_3}{\%\ Fe_2O_3}$ | |

FÓRMULA DE ECKEL (ARGILA E CALCÁREO)

$$\frac{(\%\ SiO_2.2,8 + \%Al_2O_3.0,7) - (\%CaO + \%MgO\ 1,4)}{(\%\ CaO + \%MgO.1,4) - (\%\ SiO_2.2,8 + \%Al_2O_3.1,1 + \%Fe_2O_3.0,7)}$$

aproximadamente 1:4

Devido ao cozimento, formam-se na massa diversos compostos, de cujas percentagens e características dependem as propriedades dos cimentos ou do cimento:

| | | |
|---|---|---|
| a) 3 $CaO.SiO_2$ | $C_3S$ | Alita<br>Cristais incolores hexagonais, estáveis entre 1.200 a 1.900º C. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 2 $CaO.SiO_2$ (alfa) | $C_2S$(alfa) | Belita<br>Cristais verdes ou amarelos; biaxial, birefringentes, alto nível de refração, estável acima de 1.400ºC |
| b) | 2 $CaO.SiO_2$ (beta) | $C_2S$(beta) | Celita<br>Cristais incolores, com características idênticas aos alfa.Estável entre os 1.400 e 1.670ºC. |
| c) | 3 $CaO.Al_2O_3$ | C3A | |

d) Uma mistura sólida de composição entre ($C_2Fe$ $C_6$ $A_2$ F) $2CaO.Fe_2O_3$ e $6CaO.2Al_2O_3.FeO_3$ aproximadamente, tendendo a aproximar-se de $4CaO.Al_2O_3.FeO_3$ = $C_4AF$.

OBS: Os componentes $C_3S$ e $C_2S$ (alfa), (beta), são os mais importantes, perfazendo uns 80% do total.
A proporção dos últimos componentes depende do conteúdo em $Al_2O_3$ e $Fe_2O_3$ na massa, uma vez que possuem função de fundentes e facilitam o cozimento.
Além destes componentes esseciais o aumento contém ou pode conter: MgO, CaO livre, $CaSo_4$, etc,em proporções as mais diversas. Destes, o primeiro está sempre presente, sendo uma das causas de grandes transtornos quando sua percentagem é demasiadamente alta (acima de 7%).

## III - PROCESSO

O Portland deve ser produzido em instalações industriais de grande porte, necessariamente situados junto às jazidas e aos centros consumidores pois o produto acabado não comporta fretes a grandes distâncias.

O produto pode ser obtido de dois modos: Via úmida - e Via Sêca.

MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS: Calcáreos
Argilas
gêsso.

Outras matérias primas(utilizadas por deficiências das matérias primas principais ou para das determinadas características ao produto final):
- Terra Roxa: - fornecimento de $Fe_2O_3$
- Aditivos: (ver tabela).

COMPOSIÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS:

Calcáreos: $SiO_2$ - $Al_2O_3$ - $Fe_2O_3$ $CaO(CaCO_3)$-$MgO(MgCO_3)$
Umidade - Impurezas.

Argilas: Silicatos de alumínio hidratados

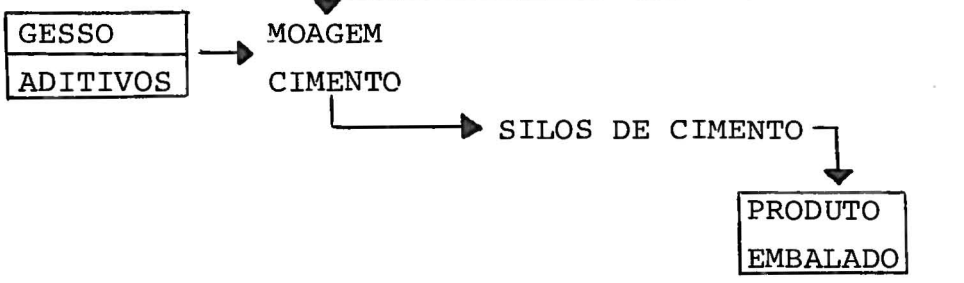
Gêsso: $CaSO_4$

FONTES DE GÊSSO: - Forma natural(gipsita).
Resíduo de fabricação de fenol.
Restos de cerâmica, obtido de algumas fábricas pela reação de ácido sulfúrico com calcáreo.

III - 1. - OBTENÇÃO POR VIA ÚMIDA:

a) Em resumo: CALCÁREO ——— BRITAGEM ——— MOAGEM PRIMÁRIA ——— ARGILA ——— DILUIDOR ——— MOAGEM SECUNDÁRIA ——— ENSILAGEM ———

ENSILAGEM ——— HOMOGEINIZAÇÃO —— COZIMENTO




b) ESPECIFICAÇÕES

Moagens - normalmente em moinhos de bolas

Flotação - separação de partículas acima do tamanho desejado

Ensilagem - tem como finalidade principal possibitar correções da pasta

Homogeinização - efetuada em grandes tanques, utilizando-se agitadores ou melhor, agitação adequada para a finalidade prevista.Possibilita, ainda, a acumulação de pasta(evitando falta de alimentação do fôrno) e diminuição do teor de água (por evaporação). TANQUES: DECATADORES DORR.

COZIMENTO - Desenvolvido em fornos rotativos que podem atingir mais de 100 m, de comprimento e 25 a 5 m de diâmetro.

Estes fornos, que giram lentamente em torno de seu eixo, são ligeiramente inclinados - cêrca de 3% em relação ao plano horizontal permitindo,assim, o deslocamento da massa de cozimento que entra pela extremidade mais alta e é descarregada pela parte oposta,em contradorrente com os produtos da combustão do meio aquecedor.

Geralmente, são constituídos por um longo tubo de chapa de aço, revestido internamente, com material refratário.

Os combustíveis são comumente pó de carvão ou óleo.

c) FORNOS DE CIMENTO

c-1. - Fornos Rotativos:- constam de um tubo cilíndrico levemente inclinado(3 a 5% sobre a horizontal), que em seu interior leva um forro de material refratário. Os fornos de pequeno diâmetro tem uma inclinação maior que os de grande diâmetro. O material é introduzido no fôrno pelo seu extremo supe-

rior e o fogo é alimentado pelo extremo inferior, isto é, tais fornos trabalham em contra corrente. O combustível injetado pode ser pó de carvão, petróleo ou gás.

Para lograr um melhor aproveitamento do calor, existem dispositivos: o calor dos gases de escape é utilizado em aparelhagens preliminares para a secagem, pré aquecimento e calcinação parcial do crú ou da pasta crua. Poderiam citar-se o "calcinador", o "concentrador" e outros que servem para as vias sêca e úmida indistintamente, e também a "parrilha" Lepol e o intercambiador de suspensão em gases que unicamente são adequados para via sêca.

A demais, no extremo de alimentação podem dispor-se correntes em seu interior, como elementos de contato destinados a melhorar a transmissão de calor.

O calor arrastado pelo clinquer da saída é aproveitado em esfriadores especiais para um primeiro aquecimento do ar destinado à combustão, com o que o clinquer se esfria bem e rapidamente.

O calor irradiado pelo fôrno rotativo pode ser reduzido por meio da interposição entre o revestimento refratário e a envolvente metálica, de uma capa de material ou materiais isolantes e refratários, como por exemplo a farinha fóssil ou terras infusórias. Não é possível impedir, totalmente, de qualquer modo, a produção de irradiação.

Isto tampouco seria possível do ponto de vista do revestimento refratário que não resistiria à excessiva temperatura a que estaria submetido. Há que admitir, por conseguinte,

a existência de uma certa quantidade de irradiação em função da conservação e duração do próprio fôrno.

c-2. - CUIDADOS E INCONVENIENTES NO COZIMENTO

Logicamente, os cuidados a serem tomados visam uma melhor e boa queima, do que resultará um melhor cimento; o forneiro deve estar atento quanto à quantidade e qualidade do material que chega à zona de calcinação. Maior quantidade requer mais óleo, chama mais curta e, em último caso, marcha lenta do fôrno, com conseqüente diminuição da alimentação. Pasta mais mole(módulo de sílica menor - maior quantidade de $R_2O_3$) requer menos óleo, mas é uma das causas da formação de anéis, o maior inconveniente para uma boa produção.

A temperatura e a combustão podem ser mais ou menos visualizadas pela tiragem e pela fumaça(quanto mais clara melhor). Todo o painel de controle deve estar sob a vigilância do encarregado. Qualquer alteração nos dados normais deve ser imediatamente sanada.

A paralisação do fôrno só é feita em casos extremos, pois acarretará dificuldades e grande demora, diminuindo a produção.

De hora em hora os dados constantes do painel(temperatura, pressão,amperagem, rpm, etc) bem como os referentes ao óleo(consumo, pressão, temperatura e comprimento da chama) são controlados.

Os dados referentes às amostras (pêso por litro de clinquer e umidade do material retirado do ponto logo abaixo das correntes constituem um bom auxílio ao forneiro).

Dos inconvenientes o mais sério é, sem dúvida, os anéis que se formam numa zona a 30 - 35 m da abertura inferior (zona a mais ou menos 850ºC) e na própria boca de saída do clinquer. Estes anéis contém +- 14% de $SO_3$; diminuem a produção de 1/3 e desgastam o refratário. Segundo o Dr. Georg Vitols a formação destes anéis dá-se ao seguinte modo: No combustível há 2% de S além de alcalis(Na E K), presentes também na pasta(0,2-0,7%). Na queima, no fôrno formam-se $CO_2$, às vezes pouco CO e $SO_2$. Em condições favoráveis(grande concentração de oxigênio - excesso de ar de combustão - e presença de catalisadores - Vanádio do combustível e óxido de ferro da pasta). Há oxidação do $SO_2$ à $SO_3$, e posterior absorção pela pasta. O $SO_3$, caso não haja suficiente tiragem e alta temperatura, formará sulfatos com os alcalis principal razão da formação de anéis.

Na região de fusão dos sulfatos(+- 860 ºC) começa a dissociação térmica do material este mistura-se com a massa fundidados sulfatos formando uma massa compacta. Passadas algumas horas esta massa endurece e o anel cresce, pois há continuidade no processo. Após alguns dias pode-se esperar fechamento completo causando paralisação do fôrno.

A remoção destes anéis é efetuada com barras de ferro compridas e, demora vários dias sem contar a mão de obra. Mesmo assim, há danos nos refratários e, após algumas semanas, novo anel estará presente.

A solução para o problema pode ser obtida pela introdução de medidas reguladoras ou relacionadas a seguir:

1.- Aumento do módulo de sílica(abaixamento da % de $R_2O_3$) o que acarretará aumento de temperatura(acima de 700ºC o $SO_3$ não se forma tão facilmente), por produção de uma pasta mais difícil de cozer( menor % de $Fe_2O_3$ diminui sua ação catalisadora).

2.- Aumento da temperatura de queima do óleo (para 160ºC), o que produz melhor atomização, resultando em rápida combustão do S do óleo e rápida remoção do $SO_2$ formado.

3.- Aumento da tiragem dos fases, aumentando a tiragem do $SO_2$, dando-lhe menor oportunidade de oxidação. Com o mesmo fim os elementos do pré aquecedor são diminuídos. A diminuição da pressão interna é menos favorável à oxidação.

4.- Adição de água em quantidade adequada diminuindo o intervalo de temperatura (400 - 700ºC) considerado favorável à oxidação do $SO_2$.

Outro inconveniente são as chamadas"manchas", decorrentes da queda do refratário e conseqüente aquecimento, até o rubro, da chapa envolvente.

Solução: marcha lenta, com o que o material adere à chapa, até formar uma camada isolante capaz de substituir o refratário.

Existem outros problemas porém,os principais aí estão expostos.

Exemplo: Características, funcionamento e controle de fôrno da CCPM.

CARACTERÍSTICAS: ⌀ externo - 2.85 m
⌀ interno - 2.55 m
refratário(espessura) - 0.30 m
comprimento - 98 m
acionamento - motor gerador de corrente contínua com 35/85 HP.
sustentação - nos extremos; intermediariamente por quatro pares de roletes.
gases tiragem - forçada
combustível - Fuel Oil ou carvão(não mais utilizado).
alimentação - sincronizada ou não com a rotação do fôrno.
produção - 240 - 260 toneladas diárias
pré aquecimento - zona de cilindros e zona de correntes; zona de gases.
parte média do fôrno - 1/3 do compartimento tem menor diâmetro.

FUNCIONAMENTO: A pasta do homogeinizador, encaminhada ao fôrno, é controlada e medida por um sistema de canecas giratórias e contador. Antes de entrar sob a ação direta da chama ela passa por um pré aquecimento ou pré aquecedor preenchido com cilindros ocos e colocados em compartimentos prêsos ao interior do fôrno. Neste pré aquecedor é retirada a maior parte da água presente(zona de 400ºC).Após esta zona a pasta encontra um sistema de correntes, que, com a rotação do fôrno, ora estão estendidas ora amontoadas.

A função destas correntes é não deixar que a pasta grude e também atua como um segundo pré aquecedor.

Ao atravessar o sistema de correntes a pasta já quase sêca(normalmente 4 a 8%, às vezes até 10% de H.OH) começa a aglomeração ou melhor, a aglomerar-se(zona de pré calcinação). Ao chegar mais perto do maçarico (dependendo do comprimento da chama) começa a calcinação até

um princípio de fusão. Neste ponto a temperatura é de uns 1.350 - 1400ºC. Nesta fusão insipiente é que se forma o clinquer, já isento de umidade.

O clinquer sai, caindo num resfriador em forma de grelha de movimento de vai e vem, onde forma uma camada que é resfriada por ar insuflado, que será aproveitado como ar secundário da combustão. O resfriamento deve ser rápido, para permitir que uma parte do Mg presente se combine de uma forma tal(provavelmente um complexo) que não intervirá nas propriedades do cimento. Sôbre a grelha estão colocados duas rôscas que recolhem o pó(clinquer em partículas pequenissimas).

O clinquer frio passa numa grade, separando os pedaços maiores(quebrados com barras e, por uma correia inclinada, vai ao depósito respectivo.

CONTROLE: - Uma descrição do funcionamento de um fôrno rotativo pode diferir bastante de um fôrno para outro, embora não fuja a princípios básicos, quais sejam: temperatura, tiragem, boa combustão, etc. Já a partir da própria pasta que pode ter inúmeras composições, difere o controle.

No caso em pauta, o controle é desenvolvido num painel, composto conforme os dados abaixo:

1. Câmara de fumaça e fôrno:
   Parte de controle gráfico
   Lâmpadas (2) indicativas dos ventiladores para gases de fumaça e ar primário.
2. Câmara de fumaça.
   Tiragem (mm H.OH)
   % de oxigênio
   Temperatura na câmara
   Lâmpada indicativa de temperatura excessiva
   Alarme
3. - Ventilador e registro de gelosia
   - Ventilador de gases de fumaça(rpm)
   - Ventilador de gases de fumaça(amperagem)

- Válvula de gelosia(abertura de graus)
- Conseqüentes válvulas de acionamento
- Regulador

4. Alimentação e medição de pasta.
   Alimentação em rpm
   Tempo de alimentação(segundos necessários para encher balde de controle
   Voltímetro
   Lâmpadas (3) indicando excitação, alimentação e retorno
   Conseqüentes válvulas de controle
   Alarme
   Válvulas de sincronização de alimentação com rotação do fôrno.
5. Motor do fôrno
   KW
   Seg./rev. (tempo de revolução)
   Válvulas
6. Grelhas Folax (A) - A - amperagem rpm
   Parafusos de pó (B) B - amperagem dos 2 parafusos
   Ventilador Folax (C)C - amperagem
   rpm
   ~~θ~~ abertura
   Válvulas conseqüentes
   Regulador
7. Arrefecedor Folax
   Câmara da grelha I (mm $H_2O$)
   Acima da grelha (mm $H_2O$)
   Câmara da grelha II (mm de H.OH)
   Câmara da grelha III (mm de H.OH)
   Ar de arrefecimento (mm de H.OH)
   Temperatura da grelha
   Lâmpada de pressão demasiado baixa
   Válvula e regulador

8. Ar primário
   Amperagem
   Rpm ventilador
   Mm de água (dif.)
   Temperatura
   Lâmpada para ventilador desligado e cadeia arrastadora
   Válvulas e reguladores
9. Bombas de óleo
   Amperagem (para bombas I e II)
   Lâmpadas para tanque cheio e vazio
   Válvulas
10. Parte relativa à carvão.

d) MOAGEM DO CIMENTO:

O clinquer esfriado é moído em moinhos de bolas sofrendo adição de gêsso (NOTA: moinhos de bolas rotativos), cuja função é regular o tempo de pega do produto final. Para facilitar esta operação costuma-se adicionar substâncias diversas. O pó é conduzido pneumaticamente para o separador de ar - um ciclone que reduz ou melhor reconduz ao moinho os grãos de tamanho grande e dirige as partículas finas(o cimento propriamente dito) para os silos de estocagem.

A movimentação do material moído dentro do moinho é decorrência do movimento de rotação deste e da aspiração de um ventilador(exaustor) que "puxa" as partículas através das chapas perfuradas.

Juntamente com as partículas o exaustor faz a sucção da umidade existente(proveniente do gêsso em sua maioria e até do clinquer). Para não haver condensação do vapor da água(uma vez que o moinho trabalha com temperatura interna da ordem de 110 - 115ºC) a tubulação de sucção e o próprio exaustor são envolvidos por material isolante.

A separação das partículas de vapor é feita num filtro, que trabalha pela própria sucção do ventilador. Por vibração o pó é retirado, caindo numa rôsca de onde é retira

do, ou melhor é enviado para o balão(reservatório de cimento) de onde será transportado para os silos de cimento.

Um inconveniente sério é o aumento da temperatura(130 - 140ºC) com o que o gêssso perde sua água combinada, dando como conseqüência colagem de cimento nas bolas(devido ao excesso de umidade), e entupimento das chapas.

É utilizado carvão finamente moído como absorvente da umidade e como elemento de limpeza das bolas operação esta que dá bons resultados.

e) ADITIVOS

Os aditivos utilizados no cimento podem ser agrupados em três categorias: agentes auxiliares de moagem, aditivos propriamente ditos e "tempêros".

Os primeiros são substâncias que se adicionam ao clinquer durante a moagem para facilitar a operação.

O segundo grupo compreende substâncias que são misturadas ao clinquer durante a moagem para conferir ao cimento propriedades específicas(gêsso, sulfato de cálcio,etc);o terceiro grupo abrange substâncias que se adicionam ao cimento para uma melhor elaboração do concreto; interessa somente aos usuários.

# T A B E L A

ADITIVOS E SUA FUNÇÃO

| | FUNÇÃO | AÇÃO | PRODUTO |
|---|---|---|---|
| PLASTIFICANTES | DISPERSORES | Promovem o afastamento das partículas de cimento, reduzindo o consumo d'água. | Ácido naftaleno-sulfônico<br>Ácido sulfônico de lignina<br>Pozzolit. |
| | Umidificadores | Aglutinam as partículas. | Gardinol |
| | Incorporadores de ar | Desenvolvem bôlhas de ar tornando a mistura mais plástica e reduzindo o consumo de água. | Sulfato de álcoois<br>Sulfatos alílicos<br>Sabões de resinas<br>Caseínas<br>Trietanolamina |
| | Formadores de bôlhas deggs | Efeito semelhante ao anterior. Em doses maiores reduzem a densidade. | Alumínio em pó - 0,005 a 0,022%. Zinco em pó<br>Água oxigenada |
| | PLASTIFICANTES | Tornam a mistura plástica, mas exigem maior quantidade de água | Cal hidratada,<br>Terra Diatomácea<br>Bentonita, Emulsões de asfalto. Acetato de polivinila. |
| | ACELERADORES | Aceleram a pega e/ou o endurecimento | $CaCl_2$<br>Silicatos solúveis, Fluossilicatos. |
| | CATALISADORES | Aceleram a hidratação | Trietanol amina |
| | RETARDADORES | Aumentam o tempo de início de pega do cimento. | Gêsso, $SO_4Cu$, Compostos de Boro, Caseína, Açúcar. |
| | IMPERMEABILIZANTES | Diminuem a permeabilidade | Sabões metálicos, Emulsões de asfalto, Silicones. |
| | POZOLANAS | Reagem com a cal livre resultante da hidratação. | Xistos opolinas<br>Terras Diatomáceas. |
| | FUNGICIDAS | Diminuem a deterioração por inibir o desenvolvimento de bactérias. | Oxicloreto de cobre<br>Aceto Arsenato de cobre<br>Óxidos de cobre, Pentaclorofenol. |
| | ANTIABRASIVOS | Reduzem o empoeiramento por endurecimento superficial do concreto | Silicato de sódio<br>Fluoretos, Fluossilicatos. |
| | CORANTES | Pigmentos para concreto e Argamassas | Óxidos de Fe, Mn, e Co |
| | PRODUTOS DE CURA | Reduzem a perda de água durante a cura | Soluções e suspensões de ceras e petrolatos. |

f) ARMAZENAMENTO

O cimento portland exige cuidados especiais de armazenamento. É necessário evitar qualquer risco de hidratação. Os sacos de papel não garantem a impermeabilidade necessária, razão pela qual o produto não deve permanecer armazenado por longo tempo. É aconselhável limitar sua estocagem aproximadamente 3 meses.

Quando há hidratação, perceptível pela formação de nódulos indesmanchâveis sob a pressão dos dedos - o cimento torna-se praticamente imprestável, podendo ser aproveitado apenas para serviços secundários.

g) ENSAIOS

Os testes mais importantes para o cimento são de caráter químico, físico e mecânico. Devido à importância do cimento como material de construção, a A B N T fixa as normas para análise e tomada de amostras que são efetuadas por institutos governamentais.

Os testes químicos consistem, principalmente, na determinação do conteúdo de $SiO_2$ e MgO. O primeiro deveria ser, normalmente inferior a 25% e o segundo a 3%. Com estas limitações previne-se a desagregação do concreto.

Outra prova determina o conteúdo em CaO como óxido livre que, em proporções sensíveis(pouquíssimas unidades %), pode produzir fenômenos de desagregação. Por duas determinações químicas - perda ao fogo e resíduo insolúvel-é possível constatar também se o aumento ou melhor se o cimento Portland foi adulterado. Dos dados respectivos pode-se deduzir, a grosso modo, a natureza(calcárea ou silicosa) e a proporção das substâncias adulterantes.

g) ENSAIOS. Prática CCPM

A -Análises químicas.

A - Análises químicas.

Nas matérias primas:

Gêsso - dosagem do sulfato e da água ligada

Terra Roxa - " do $Al_2O_3$; $Fe_2O_3$ e $SiO_2$

Argila - " do " " "

Calcáreo - " do $SiO_2$; $Al_2O_3$; $Fe_2O_3$; $CaO(CaCO_3)$ $MgO(MgCO_3)$; Umidade; Impurezas

Óleo - " do Enxôfre (S)

No processamento:

Na Pasta e no Clinquer - $SiO_2$, $R_2O_3$, CaO, MgO, $SO_3$, perda do fogo(só na pasta)

no Cimento - $SiO_2$, $R_2O_3$, CaO, MgO, e $SO_3$.

A partir destes dados têm-se os módulos de sílica(Ms)e alumina(Ma) o e fator de saturação da cal (FSC).

na água da caldeira - pH

B - Análises Físicas

No cimento - Superfície específica(num aparelho que mede a permeabilidade do ar).

- Expansibilidade(feita em prismas de cimento previamente endurecidos. Efetuada em autoclaves com posterior medida num comparador).
- Resistência(efetuada em corpos de prova feitos com três partes em pêso de areia (quatro tipos) e um de cimento), corpo este construído sob condições determinadas de comparação. Os corpos são feitos para endurecimento em 1, 3, 7, e 28 dias, com a medida posterior numa prensa - $Kg/cm^2$.

No processamento - Amostra após correntes

No fôrno (horário) - % de água.

Pasta para o fôrno - Viscosidade

% de água

Peneiras (# 100 e 200) (# = MALHA).

| | |
|---|---|
| Clinquer | - g/litro |
| Moinho (secundário) | - Viscosidade |
| | % de água |
| | $CO_3$ |
| | Peneiras (# 100 e 200) |
| Moinho primário | - Idem acima. |
| Moinho de cimento | - % de água |
| | Peneiras (# 100 e 200) |
| | Pega (mistura de cimento com uma quantidade de água suficiente para deixar a pasta com uma consistência dentro de certos limites - medindo ou melhor, medida de sonda de TETMAJER). |
| Ensacadeira | - % de água |
| | Pega |
| Clinquer | - Resistência |
| | Expansibilidade |
| | Finura (peneiras) |
| | Pega final (mistura com 3,5% de gêsso). |

h) PEGA:

O fenômeno de "pega" do cimento compreende a evolução das propriedades mecânicas da pasta, no início do processo de endurecimento. É um fenômeno definido como o momento em que a pasta adquire certa consistência (viscosidade) que a torna imprópria para ser trabalhada, estendendo-se tal conceituação também à argamassa e aos concretos, sobre os quais a pasta atua como aglutinadora dos agregados.

A caracterização da pega dos cimentos é feita pela determinação de dois tempos distintos: o de início e o de término ou fim da pega, que se referem à medição da consistência da massa no tempo, através da variação da profundidade de penetração da chamada "Agulha de Vicat" na própria massa.

Durante o processo de endurecimento, as reações de hidratação desenvolvem considerável quantidade de calor. Os valores do calor de hidratação dos componentes,são os seguintes: (cal/g).

$C_3S$ ..... - 120
$C_2S$ ..... - 62
$C_3A$ ..... - 207
$C_4AF$ ..... - 100
Mg ..... - 203
Cal ..... - 279

O do cimento portland comum varia entre 85 - 100 cal/g, baixando para 60 - 80 cal/g nos cimentos de baixo calor de hidratação.

Existem diversas teorias que explicam o fenômeno da pega. Dentre as mais aceitas estão as de Le Chatelier e da USBS.

TEORIA DE LE CHATELIER: - A pega produz-se em duas fases:

a) $C_3A$ hidrata-se e faz pega com o gêsso(fenômeno de cristalização).
   $3CaO.Al_2O_3 + 12H_2O$ ——— $3CaO.Al_2O_3.12H_2O$.
b) $C_3S$ sofre uma decomposição, cristalizando. A decomposição dará $Ca(OH)_2$ que cristaliza no sistema hexagonal.

TEORIA DA USBS: - Admite três fases de pega:

a) Hidratação do $C_3A$.
b) Decomposição e hidratação do $C_3S$, que dá maiores índices de resistência até o 7º dia.
c) Hidratação do $C_2S$, mais vagarosa, estendendo-se do 7º dia. Forma-se um agregado poroso, que em mistura com os outros componentes do clinquer vai produzir as elevadas resistências finais do cimento.

i) TRANSPORTE

Sendo material de elevada densidade e de baixo preço, o frete incide ponderavelmente sobre o custo do ci

mento. Por isso seu transporte exige - e com pleno aproveitamento veículos de grande capacidade de carga, caso contrário seu custo seria desnecessariamente onerado. O transporte do cimento a grane ou melhor, a granel é vem mais barato que o do ensacamento ou do ensacado(sacos de papel). Há diversos sistemas apropriados para este tipo de transporte, feito sempre em reservatórios metálicos estanques, quer sobre gôndola ferroviária, quer sobre chassis de caminhões.

Os sistemas de carga e descarga mais comuns são o pneumático e o por escorregamento.

No primeiro, o cimento é arrastado dentro de um tubo por uma forte corrente de ar. A sucção é processada no fundo do reservatório ou silos por um dispositivo de arraste constituído por uma simples trompa de ar, cuja alimentação é feita por gravidade. O cimento desloca-se assim, para a parte inferior do reservatório.

Essa movimentação é feita facilitada por um processo de fluidificação, obtido pela introdução de ar a baixa pressão, nos interstícios das partículas do cimento. Quando se força a passagem do ar, por percolocação, observa-se uma queda brusca do ângulo de atrito interno - normalmente de 45º para cêrca de 5º. O material comporta-se, assim, como um líquido. Esse sistema, usado na descarga de caminhões ou vagões, proporciona uma operação muito rápida: 9 Ton/min.

No sistema por escorregamento a descarga do veículo é efetuada por gravidade, ao longo de uma calha interna que corre pelo fundo do reservatório. As calhas devem ser constituídas de material poroso - geralmente tecido - através do qual é forçado o ar. Em virtude da fluidificação, o cimento escorrega com facilidade pelas calhas, descarregando-se, assim, cêrca de 2 Ton/min.

j) EQUIPAMENTOS:

A instalação de uma fábrica de cimento é, geralmente, confiada a uma companhia especializada que, além dos

equipamentos, fornece, também, a necessária assitência técnica. Entre tais firmas citam-se:

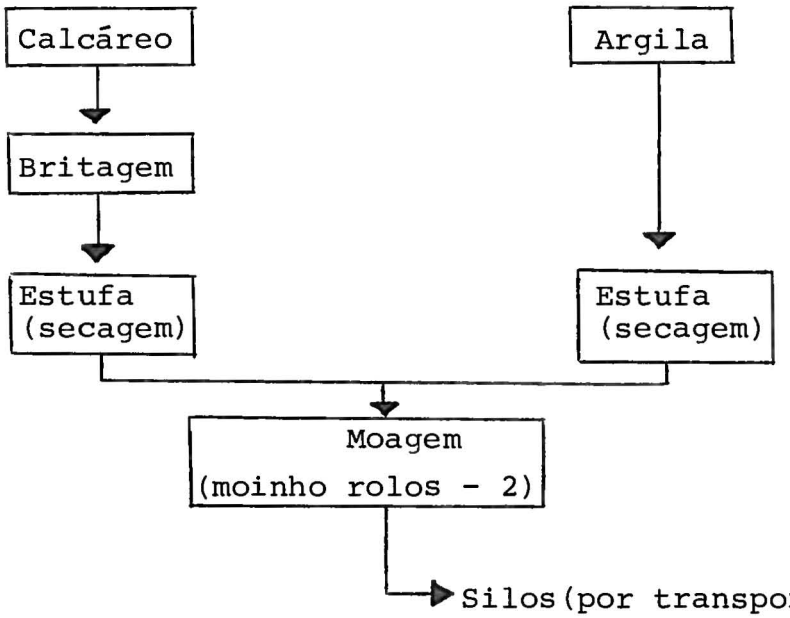
Tecno export

Cia Fuller de Equipamentos Industriais

Allis Chalmers

GENTILEZA DO COLETA JLOT.

IIII) OBTENÇÃO POR VIA SÊCA: - FLUXOGRAMA(esquematicamente).




Silos(por transporte pneumático) ——— Homogeinização ——— Moagem(moinho bolas) ——— Cozimento ———(adição de gêsso) ——— Moagem ——— produto final.

L) CAL:

I - Matéria prima: Calcita - $CaCO_3$

Dolomita - $MgCO_3 - CaCO_3$

Dolomito - Idem (mais denso que o anterior pois tem menor teor de matéria orgânica).

Observe-se que a calcita é a matéria prima por excelência.

II - Tipos

a) Cal virgem, viva ou cálcica.
Absorve água com maior ou menor intensidade, numa reação fortemente exotérmica.

b) Cal comum, ordinária, aérea, apagada ou extinta.
É a cal virgem após absorção de água. Com a água endurece ao ser exposta ao ar(dai a denominação aérea).
Ao "apagar-se" a cal absorve $CO_2$, ao contrário do cimento.
E pode ser: Gorda - maior poder de aglomeração, mais branca, macia untuosa ao tato, provém de calcáreos mais puros desprende mais calor.
Magra -

m) CAL HIDRÁULICA

Cal à qual se adiciona argila, caso não a possua originalmente. Tem aspecto amarelado e "pega" sob água. Maior teor de argila, (até 22%) maior velocidade de endurecimento.

III- PEGA DE CAL:

CS Formação de hidratos com a água.
$C_2S$, $C_3S$, $C_3A$, $C_4AF$ - compostos que endurecem não sob a ação do CO2 (sob e sôbre a água).

IV- ÍNDICE DE HIDRAULICIDADE (Ih)

$$I_h = \frac{\%SiO_2 \text{ combinado} + \%Al_2O_3 \text{ Comb.} + \%Fe_2O_3 \text{ Comb.}}{\% CaO + \% MgO}$$

Classificação:

| CAL | % de ARGILA | "PEGA" | $I_h$ |
|---|---|---|---|
| 1) Fracamente hidráulica | 5 - 8 | 2-3 Semanas | 0,1 - 0,15 |
| 2) Medianamente " | 8 -15 | 1-2 Semanas | 0,15- 0,30 |
| 3) Francamente " | 15 -19 | 2-6 Dias | 0,30- 0,38 |
| 4) Fortemente " | 19 -22 | Menos de 30 horas | 0,38- 0,50 |

V - EMPREGOS: a) Argamassas (cal + areia)
b) Obtenção de soda (NaOH)
c) Obtenção de soda (processo SOLVAY)
d) Cortumes
e) Adubos
f) Frabricação de $NH_4OH$
g) Secagem de gases.

VI - OBTENÇÃO: Calcinação de calcáreos entre 900 - 1.200ºC

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 + 42{,}5\ Kcal$$

VII- FORNOS: a) Intermitentes (calcarone)
b) Contínuos (verticais, de cuba, rotativos).

Fornos contínuos:

1) De chama curta - o material é alimentado junto com o combustível sólido.
2) De chama longa - o combustível é queimado numa câmara e os gases são insuflados ou "puxados"; o combustível é queimado na base do fôrno por meio de atomizadores. Em ambos os casos o combustível é sólido (pulverizado), líquido ou gasoso.

Esquema de um "SHAFT FURNACE".

FATORES INFLUENTES NO DESEMPENHO DO SHAFT FOURNACES:

1. - Requisitos calóricos do material.
2. - Características físicas do material: tamanho da partícula e variação deste tamanho, forma da partícula, natureza da superfície da partícula, "random Paching characteristics" e alterações nestas características durante o trajeto do material dentro do fôrno.

3. - Características do fôrno: altura efetiva, secção "of bed", quantidade de exaustão aplicada( natural ou forçada) para causar o fluxo dos gases, aquecidos que entram no "bed", quantidade de calor recuperado na saída do produto, natureza da descarga, tempo de retenção do material, etc.

4. - Requisitos calóricos do material:
1,785 libras. $CaCO_3$/1,0 libras CaO.

| | Btu/lb.CaO |
|---|---|
| Pré aquecimento até 898ºC | 862 |
| Calor de dissolução ou melhor, dissociação | 1212 |
| Post aquecimento até 1.315ºC | 175 |
| Calor total ..... | 2.249 |

5. - Características físicas do material: tamanho das partículas e forma - controlam a superfície sobre a qual o calor atua e a profundidade da penetração para que o calor possa atingir o centro de cada partícula. Também controlam a disposição do material dentro do fôrno e os vazios para passagem dos gases. Com menor tamanho de partículas há maior superfície e a profundidade de penetração diminui.
Ambos estes fatores tendem a melhorar a eficiência do fôrno, contudo, pequenas partículas formam uma coluna que oferece grande resistência à passagem dos gases, resultando maior necessidade de energia para manter o fluxo de gases.

Com material "Closely screened" a porcentagem de c vazios (+- 37%) é independente do tamanho da partícula. Com partículas "Unscreened" demonstrando grande variação no tamanho, os vazios diminuem, resulta irregular o fluxo de gases e a transformação ou melhor, a transferência de calor é dificultada. Como o tempo necessário para penetração do calor varia com o tamanho da partícula, embora o tempo de passagem seja o mesmo,

as partículas pequenas são superaquecidas(recozidas) e as grandes são subaquecidas(encruadas).

Daí, partículas entre 10 - 20 cm, são queimadas nos "shft fournace e partículas menores nos fornos rotativos. Se partículas menores são tratadas em "shft fournaces" em velocidades normais, a energia para exaustão torna-se expressiva. Se diminuirmos ou se diminuir-se o fluxo dos gases as partículas pequenas tendem a tornar-se superaquecidas e, em conseqüência, superqueimadas.

SUPERFÍCIE DAS PARTÍCULAS - A superfície efetiva de contato da partícula "unscreened" pode ser só 10 a 25% da superfície total. As causas são menor volume de vazios, formação de canais, bôlsas de gases, distribuição irregular dos gases e "flow shadows".

Partículas de superfície irregular exibem maior superfície de cubos e esferas, podendo este aumento atingir 25%. Transferência de calor e eficiência em "Shaft fournaces".

# MÉTODO DE ANÁLISE POR COMPLEXOMETRIA

# MÉTODO DE ANÁLISE POR COMPLEXOMETRIA

SiO2: Pesar 1 gr. de material crú e calcinar durante 30 minutos à 1.300 ºC. No caso de clinquer, pesar apenas 0,5 gr. de material. Esfriar e transferir para uma cápsula de 250 ml. Dissolver com 2,5 ml, de HCL, conc. No caso de ser 0,5 gr. dissolver com 5 ml. se for para 1 gr. de material(é o que corresponde à + ou - 20 gôtas. Faz-se uma pasta e ataca-se com 10 ml. HCLO4(ácido perclórico) conc. e leva-se à espela,agitando inicialmente. Quando terminarem os fumos brancos e o material já estiver sêco, esfria-se o conteúdo da cápsula e coloca-se 5 ml. de solução 1x1 de HCL. Deixa-se descansar por 10 minutos. Em seguida, coloca-se mais 20 ml. de água quente(destilada), leva-se à chapa até início da fervura, quando então deve-se filtrar em papel faixa preta. Lavar e precipitado alternadamente com água quente e solução SXSS HCL até não haver reação de cloretos, quando lavado somente com água quente. O filtrado é recebido em balão volumétrico de 500 ml. o completado e volume. Esta é chamada de solução A.

O precipitado vai para a calcinação à 1.200ºC durante 30 minutos ou à peso constante.

Cálculo p/ 1 gr.= pêso de material X 100 = SiO2
p/ 0,5 gr.= " " " X 20 = SiO2

CaO : Reagentes: I Calicina= 20 gr.KCL.(cloreto potássio) 0,12gr. Timolftaleína e 0,20 gr. calceina.

II NAOHSN (hidróxido de sódio) 240 gr. p/1 litr. água.

III Trietanolamina 100 ml. Hidróxicloreto de Hidroxilamina 10 gr. e completar o volume à 1.000 m. com água.

MARCHA: Deixar descansar a solução A por 10 minutos Pipeter 50 ml. da solução A. Colocar num becker ou erlenmeyer e adicionar 10 ml. de solução III com pipete, adicionar 15 ml. de EDTA I c/bureta, agitando sempre. Adicionar de 10 a 20 ml. de solução II e apenas uma picadinha de calceina(+ ou - 0,05 g.) "I". A solução irá adquirir uma cor levemente azulada porém transparente. Titular c/EDTA I até coloração púrpura. Esta

coloração se assemelha à um lilás pálido tendendo para o azul. Quando maior a quantidade de calceina I, tanto mais fácil é a leitura, isto é, torna-se verde e titula-se até desaparecer o verde.

CÁLCULO: ml. de EDTA I X Melaridade (0,0232) X 66,1 = CaO
10 gr. de amostra na solução (0,1)

Pode ser resumido no seguinte fator: 1,30152 X ml.gastos=CaO. Isto é válido para 1 gr. mater. p/0,5 gr. o resultado deve ser multiplicado por 2.

MgO : Reagentes I = Buffer I P/PH 10 (solução tampão)
07,5 gr. de NH4CL(cloreto de amôneo) 570 ml. NH4OH(hidróxido de amôneo) completar o volume para 1 litro com água.

II = Indicador a + b + c. Neste indicador preparam-se em separado as soluções a, b, c, e misturam-se apenas a quantidade que caiba num frasco conta-gôtas, porque é usado apenas 16 gôtas para análise.

Observar as proporções abaixo.

MgO: "A" 60 ml. de solução com o,05 gr. Ftaleina púrpura em 25 ml de água e 25 ml. de trietanolamina.
"B" 15 ml. de solução com 0,05 gr. Naftol verde em 25 ml. de água e 25 ml. de trietanolamina.
"C" 10 ml. de solução com 0,05 gr. de metilorange em 500 ml. de água.

MARCHA: Pipetar 50 ml. de solução "A". Colocar num becker ou erlenmeyer e neutralizar com sol. 1:4 de hidróxido da amôneo. Esta neutralização se completa à um PH + ou - 7 e que pode ser comprovado por leve aparecimento de R2OS. Esta neutralização deve ser bem cuidadosa.
Adicionar 10 ml. de trietanolamina e mais os mesmos ml. gastos de EDTA I na determinação de CaO. Medidos com proveta, adicionar 20 ml. de solução Buffer I e mais 15 gôtas de solução II(mistura de a, b, c) e titular com EDTA I até desco

loração. Com o indicador, a solução ficará rosada e a titulação deverá descorá-la palidamente.

CÁLCULOS: = difer. dos ml. gastos p/CaO e MgO de EDTA I X ml.(0,0232) X 40,3 = 10 gr. de amostra na solução(0,1 = MgO(cálculo válido para 1 gr. de material). Pode ser resumido no seguinte fator: 0,93499 X dif. dos ml. gastos p/MgO e CaO EDTA I.

Fe2OS: Reagentes: I ácido salicílico a 4% em volume, em álcool absoluto.

II Buffer II p/PH 1,5(solução tampão) 2,25 gr.de glicima mais 1,775 gr. de NACL em 200 ml. de água, completar à 1.000 ml. c/solução N/10 de HCL.

MARCHA: Pipetar 50 ml. de solução A e colocar num becker ou erlenmeyer. Ajustar o PH 1,5 com NH4OH. Podendo-se usar PH metro ou papel indicador de boa qualidade. Se a solução já estiver no PH desejado, basta seguir a análise. Adicionar 10 ml. de solução Buffer II e aquecer até 35ºC(não ultrapassar esta temperatura).
Adicionar 10 gôtas de solução I e titular com EDTA II até descoloração total. Esta operação é feita gôta a gôta do EDTA II. Na da solução I, a aceleração passa a ser púrpura intensa e turva(vermelho sangue) e a titulação irá descorar totalmente tornando a solução transparente e incolor.

CÁLCULOS: Ml. de EDTA II X ml.)0,0081) X 100.7 = % Fe2OS(válido para 1 grama).
2 X 10 gr. de amostra na solução)0,1).
Pode ser resumido no seguinte fator: 0,7187 X ml. gastos de EDTA II.

Al2OS: Reagentes: I Complexo de cobre: 2,25 gr. de CuSO4 são adicionados, digo, são dissolvidos em 220 ml de água. Medir 10 ml. desta, c/pipeta e adicionar 200 ml. de água, mais 10 ml. de NH4OH(1:3) e titular com EDTA II até cor violeta intensa, usando como indicador murexidade(0,25 gr. c/25 g.de NaCL). Baseado nesta titulação, calcular a quantidade de EDTA II para reagir com todo o CuSO4 contido no resto da solução.

REAGENTES: II P.A.N. (1- (2 - Piridilaxe)
(2 - Naftol).
Dissolve-se 0,05 gr. de PAN em 50 ml. de álcool, aquecendo levemente para dissolver.

MARCHA: Aproveita-se a solução anterior, na qual foi determinada o Fe2OS e junta-se o PH para 3,2 com solução de acetato de amôneo à 10%. Adicionar 3 gôtas de solução I e 10 gotas de solução II. Ferver durante 1 minuto. Titular com a solução de EDTA II até cor amarela; Quando ferve a solução fica vermelho-groselha. Se houver dúvida no ponte final de viragem, voltar a ferver e, se necessário, continuar a titulação cuja operação é feita gôta a gôta.

CÁLCULO: ml. do EDTA II ml.(0,0081) X 10% Al2OS p/l g.mat. 2 X 10 gr. amostra na solução.(0,1).
Cálculo resumido fator = 0,4500 X ml. gasto EDTA(de alumina).

OBSERVAÇÕES: O EDTA é preparado com 3,825 g/l litro d'água(EDTA I)
O EDTA II " " 3,350 g/l " "
Tanto o EDTA I como EDTA II só poderão ser usados pelo menos 24 hs. após preparados. Nas determinações complexométricas durante as operações, somente a solução "A" e o reagente III para cálcio é que são pipetados. As demais soluções restantes são medidas com provetas. O EDTA I e II são usados em bureta simples.
O EDTA I é usado para determinação do Cálcio e Magnésio e o EDTA II, para Ferro e Alumina.
Nas determinações complexométricas, as cores indicativas dos pontos de viragem nos casos de CaO e MgO devem ser bem treinadas pois, é difícil de se conseguir sucesso c/apenas algumas titulações. Para não haver dúvidas, usa-se uma solução padrão onde CaO e MgO são conhecidos para treinar.
Quanto às cores para as determinações de ferro e alumina são tão bem caracterizadas que não se tem dúvida no ponto de viragem.

Como as titulações são bem fáceis e rápidas, convém deixar prontas todas as soluções e reagentes que forem utilizados, já devidamente medidos para não atrasar o ritmo de análise. Normalmente, desde a pesagem, determinação de sílica e do SO2 e a própria titulação, leva de 3 a 4 horas. Os reagentes mais recomendados são de "MERK".

SOLUÇÃO PADRÃO PARA TREINO: O acerto de EDTA I Cao 40% MgO 4%. Pesar 0,82646 gr. de MgCO3 PA e 7,1330 gr. de CaCOs PA.

Dissolver ao mesmo tempo com 50 ml. HCL 5% e completar o volume em balão volumétrico à 1.000 c.c. Agitar bem. Pipetar 10 ml. para o teste e juntar 40 ml. de água.

Devem ser guardados em garrafão/frascos escuros apenas os indicadores.

OBSERVAÇÕES: Para titular com EDTA I usa-se uma bureta de 50 ml. e para o EDTA II, uma de 10 ml. com graduação de 0,02ml. A solução de complexo de cobre para alumina é de teste de EDTA II que foi tirado do teste até ficar violeta intenso e mais 10 ml. de CuSO4 em solução.

EXEMPLO: Gastou-se no teste uns 40 ml. de EDTA II para ficar violeta. Então a solução de complexo de cobre será 10 ml. de solução de CuSO4(2,25 gr/250 ml. H2O) e mais 40 ml. de EDTA II.

Esta é solução a ser usada de 3 em 3 gôtas(solução I para alumina).

Deve-se utilizar a mesma bureta que normalmente é utilizada nas determinações corriqueiras.

# CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO

# CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO

## 1. OBJETIVO

1.1. - Esta especificação fixa as características exigíveis no recebimento de cimento Portland Pozolânico tipo 250 e 320.

## 2. DEFINIÇÕES

2.1. - Cimento Portland Pozolânico: É o Aglomerante Hidráulico obtido pela moagem do Clinquer Portland e Pozolana, sem adição, durante a moagem, de outra substância, a não ser mais formas de sulfato de cálcio.

2.2. - Clinquer Portland: É o produto granular, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio com propriedades hidráulicas.

2.3. - Pozolana: É o material silicoso ou sílico aluminoso, que por si só possui pouco ou nenhum valor aglomerante. Porém quando finalmente dividido e em presença de umidade reage quimicamente com Hidróxido de cálcio.
$Ca(OH)_2$ à temperatura normal, formando compostos com propriedades aglomerantes.

Os materiais pozolânicos empregados na fabricação do cimento Portland Pozolânico são os seguintes:

- Pozolanas naturais - como algumas terras diatomáceas, rochas contendo minerais de opala, tufos e cinzas vulcânicas.
- Pozolanas Artificiais - obtidas pela calcinação conveniente de argilas e xistos argilosos.
- Cinzas Volantes - Resultantes da combustão de carvão mineral usual das usinas termelétricas.

## 3. CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO

3.1. - O teor de pozolana é de 10 a 40% do peso do cimento pozolânico para o tipo 250 e 10 a 30% do peso total do cimento pozolânico para o tipo 320.

4. CONDIÇÕES IMPOSTAS

4.1. - EXIGÊNCIAS QUÍMICAS

O cimento Portland Pozolânico deve apresentar composição química dentro dos seguintes limites:

Perda ao Fogo .....Máx. 4,0%
Óxido de Magnésio .....Máx. 6,0%
Anidrido Sulfúrico(SO3) .....Máx. 4,0%.

4.2. - EXIGÊNCIAS FÍSICAS

O cimento Portland Pozolânico deve satisfazer as seguintes exigências físicas.

- Finura:

O resíduo na peneira ABNT 0,075 mm (malha 200)
Máx. 12%.

Superfície específica Blaine Tipo 250 - Mínimo 2.500
Superfície específica Blaine Tipo 320 - Mínimo 2.900
Estabilidade de Volume - Le Chatelier
Expansão após 7 dias em água fria.....Máx. 5 mm.
Expansão após 3 horas em água(em ebulição) Máx. 5 mm.

TEMPO DE PEGA

Início de pega .....Mínimo...1 hora
Fim de pega .....Máximo 10 horas(ensaio optativo)

Resistência à compressão Kg f/cm2

| | | Tipo 250 (70) | Tipo 320 (100) | |
|---|---|---|---|---|
| A 3 dias ..... | Mínimo | | | |
| A 7 dias ..... | Mínimo | 150 | 180 | |
| A 28 dias ..... | Mínimo | 250 | 320 | |
| A 90 dias ..... | Mínimo | 320 | 400 | * |

* TESTE OPTATIVO

5.) O. EXIGÊNCIAS PARA A POZOLANA

5.1. - A Pozolana para uso na fabricação de cimento Portland Pozolânico deve satisfazer a seguinte exigência.

- Atividade Pozolânica.

Resistência à Compressão a 7 dias determinada de acordo com o método P.-MB - 960 Min. 55 Kgs/cm$^2$.

6. EMBALAGEM MARCAÇÃO

6.1. - Quando o cimento é entregue em sacos, estes devem ter impressos, bem visíveis em cada extremidade POZ e a indicação correspondente(250 ou 320). Com 6 cm de altura no mínimo; no centro a denominação normalizada, o nome e a marca do fabricante.
Os sacos devem conter só Kg líquidos de cimento e devem estar perfeitos na ocasião da inspeção.

6.2. - As entregas a granel devem ter idênticas informações na documentação que acompanha a entrega.

7. ARMAZENADOS EM SACOS

7.1. - Os sacos devem ser armazenados em locais bem secos e bem protegidos, e de forma fácil: isto é: A permitir fácil acesso à inspeção e identificação de cada embarque.As pilhas devem ser colocadas sobre um estrado de madeira-não devem conter mais de dez sacos.

8. INSPEÇÃO

8.1. - Devem ser dadas ao comprador, todas as facilidades para uma cuidadosa inspeção e amostragem nos locais especificados. A partir da amostragem, são fixados os seguintes prazos, para a conclusão dos ensaios de resistência à compressão:

| Idade de Ensaio | Prazo |
|---|---|
| 3 dias | 13 dias |
| 7 dias | 17 dias |
| 28 dias | 38 dias |
| 90 dias | 100 dias |

9. REJEIÇÃO

9.1. - O cimento pode ser rejeitado se não satisfazer a qualquer exigência desta especificação.

9.2. - O cimento armazenado a granel por mais de 6 meses, ou armazenado em sacos por mais de 3 meses, deve ser reensaiado, podendo ser rejeitado se não satisfazer a qualquer

exigência desta especificação.

9.3. - Sacos que apresentem variação superior a 3% do peso especificado podem ser rejeitados. Se o peso médio dos sacos, em qualquer embarque, obtido pela pesagem de 100 unidades tomadas ao acaso, por menor do que o especificado, todo o embarque pode ser rejeitado.

9.4. - Cimentos que não satisfizerem as exigências do ensaio de estabilidade de volume podem ser aceitos, se atenderem as referidas exigências em uma nova amostra tomada dentro de 28 dias.

9.5. - As amostras do cimento a ser ensaiado devem ser colhidas de acordo com o método MB - SO3.

9.6. - As propriedades fixadas nesta especificação devem ser determinadas de acordo com os seguintes métodos de ensaio:

- MB - II - Método de Análise Química do Cimento Portland disposições gerais.
- MB - SO9 - Método de Análise Química Cimento Portland- Processo de Arbitragem para determinação de Dióxido de Silício(SiO2), Óxido de Ferro(Fe2O3), Óxido de Alumínio (Sl2O3), CaO e MgO.
- MB - SlO - Método de Análise Química Cimento Portland- Determinação de Resíduo insolúvel.
- MB - Sl2 - Método Análise Química Cimento Portland - Determinação do SO3.
- MB - Sl4 - Método Análise Química Cimento Portland - Determinação de óxido de sódio e óxido de potássio por Fotometria (Ao Fogo) da chama.

# A N Á L I S E S

COMPANHIA DE CIMENTO PORTLANDO RIO BRANCO

- Análise da farinha

- Alimentação: - No painel, anotar do totalizador, os números indicativos de t/h de argila (lado esquerdo) e calcáreo. Transcrever para a planilha (indicador) a quantidade de toneladas por hora que está sendo alimentada nos silos. Ou no silo que se está fazendo a correção.

- Cálculos: - A diferença entre a última e a leitura anterior (para ambos: calcáreo e argila), nos dará a tonelagem horária de argila e calcáreo.
A divisão dos resultados obtidos (t/h de argila e calcáreo) pelo indicador de t/h de calcáreo nos dará o percentual "ATUAL" do calcáreo na farinha.

- Exemplo: - Argila 66.03429 - leitura anterior
66.06775 - leitura atual
00.03346 t/h

Calcáreo 76.05640 - leitura anterior
76.06225 - leitura atual
00.00575 t/h

O resultado da t/h de argila deve ser dividido pela tonelagem/h de calcáreo.
3346 : 575 = 50,8% de calcáreo na farinha.

MARCHA PARA DETERMINAÇÃO QUALITATIVA DE: Carbonato total $CO_3T$
Magnésio total $MgCO_3T$
Carbonato de cálcio $CaCO_3$

Procedimento: - Após colher amostra, pesar em dos Erlenmeyer de 500 ml, 50 gr. da farinha, em seguida adicionar 25 ml. de HCl 0,1/N e 75 ml. da $H_2O$ destilada. Aquecer ambas as amostras por 5', após esse período, retirar do aquecimento, levando uma de-

las para resfriar e a outra, titular a quente:
A fim de melhor entendimento, nomeraremos de primeira a que titularemos a quente e segunda a que foi colocada para resfriar.
Adicionar na primeira, 5 gôtas azul de Bromotimol e titula-se com NaOH 4/N até viragem para cor azul, anotar mls. gastos.(Ex. 22 mls.). Essa amostra é, outra vez levada ao aquecimento por 3 minutos.

Continuação: - Toma-se a segunda amostra se estiver fria, adicionar 5 gôtas de fenolftaleína e titular com NaOH 4/N até viragem para cor rosa, anotar os mls.gastos.
(Ex. 18,00 mls.).

- Volta à primeira amostra:- descolorir com HCi .. 0,1/N, anotar os mls. gastos.(Ex. 0,9).
Obs:- O resultado obtido na descoloração é e deve ser multiplicado por 2, devido ao fator do ácido. Então, no exemplo acima 0,9 x 2= 1,80.

O resultado obtido deve ser subtraído do número de mls. gastos na titulação de ou para a cor rosa. Nocaso, a amostra nº 2.

Cálculos: - 1a. 22,00
2a. 18,00 = 2,00

Descoloração: 2,00
1,80 = 0,20

Mg Total: - Toma-se o resultado obtido da diferença entre os mls. gastos na 1a.(22,00) e a 2a.(18,00)=2,00 ml e o número de mls. gastos na descoloração(0,90 x 2 = 1,80), que no caso é 0,20 e multiplica-se por 2,12 que é o fator do Mg total.
0,20 x 2,12 = 0,4 Mg. T

CO3 Total: - Verifica-se na régua, de acordo com o número de ml gasto na segunda amostra, quanto dá correspondendo ao carbonato total.

CaCO3: - Multiplica-se o resultado do magnésio total por 0,4. Obtendo-se assim o carbonato de cálcio total.

DESVIO: - Cálculo do desvio:- É a diferença entre o carbonato de cálcio(CaCO3) e a titulação desejada (p. ex: 77,2 - 77,5 que é a titulação desejada, teremos -2,3).
O sinal + positivo, é dado quando o CaCO3(quantia) for maior que a titulação desejada(p. ex. 84,0 - 77,5 = + 6,5).
O sinal -negativo, é dado quando o CaC03(quantia) for menor que a titulação desejada.

ED - Soma do desvio: - diferença entre a titulação desejada e o resultado achado de CaCo3;(p.ex. 77,5 - 77,2 = -2,3).
O resultado é novamente subtraído ou adicionado,dependendo do sinal que o mesmo tenha; isto é +ou-.

FATOR DE AMOSTRA: - É a divisão da soma do desvio(ED) pelo número de amostras.

TITULAÇÃO MÉDIA: - É a soma ou subtração(dependendo do sinal +-) com a titulação desejada.

CaO livre CAL LIVRE

MATERIAL: - Clinquer(moer e peneirar na malha 170)
Filtro de Büchner
Bomba de vácuo
Quitazato(de 500 ml.)
Bromogresol
NaOH 0,1/N

Procedimento: -Tomar uma grama (1 gr) de clinquer previamente moído, adicionar 50 ml de glicol na temperatura de 72ºC, colocar para aquecer por 30' em banho-maria a 72ºC, a cada 5' de aquecimento,agitar para melhor homogeinização; filtrar com trompa de vácuo, colocando mais 30 mls. de glicol a fim de auxiliar na filtração.

Colocar duas gôtas de bromogresol(indicador) e titular com NaOH 0,1/N até viragem da cor azul para a cor verde.

Número de mls gastos x fator 4,12=CaO livre ou então vide tabela.

Desejado de CaO livre: entre 0,30 e 0,90

Se o resultado for maior(a mais) aumentar gradativamente o fogo.

Se o resultado for menor(a menos) diminuir gradativamente o fogo.

CALCÁREO: -Análise da pedra(procedência: Itaretama e Itacuri)

Tomar 10 Kg de amostra, passar nas peneiras de malha 40, 25 e 15. Pesar o que fica na 1a., 2a. e 3a. Tomar da última peneira(filtrado) amostra para verificação de umidade: pesar em cápsula sêca e fria, 100 g da amostra e aquecer por 60'(sob o fogareiro). Após esse aquecimento esfriar e pesar, a diferença do peso obtido a seco e o peso obtido enquanto ou antes do aquecimento é = a umidade.

Cálculo: - Cápsula - 140 g Úmida = 240
Substância- 100 g Seca = 210
Total 240 g Total = 30 = % de umidade.

Titulação:-Moer a mesma quantia feita ou utilizada para a verificação da umidade. Pesar 100 g da substância(2x) colocar em Erlenmeyer de 500 ml. Adicionar 25 ml de HCl 0,1/N, juntar 75 ml de água destilada e aquecer por 5'.

A primeira, após aquecimento é colocada para resfriar e a segunda é titulada a quente. Adicionar 5 gôtas de Timolftalina (azul) e titular com NaOH4/N até viragem para cor azul; anotar os mls gatos. A seguir, reaquecer por 3' e resfriar.

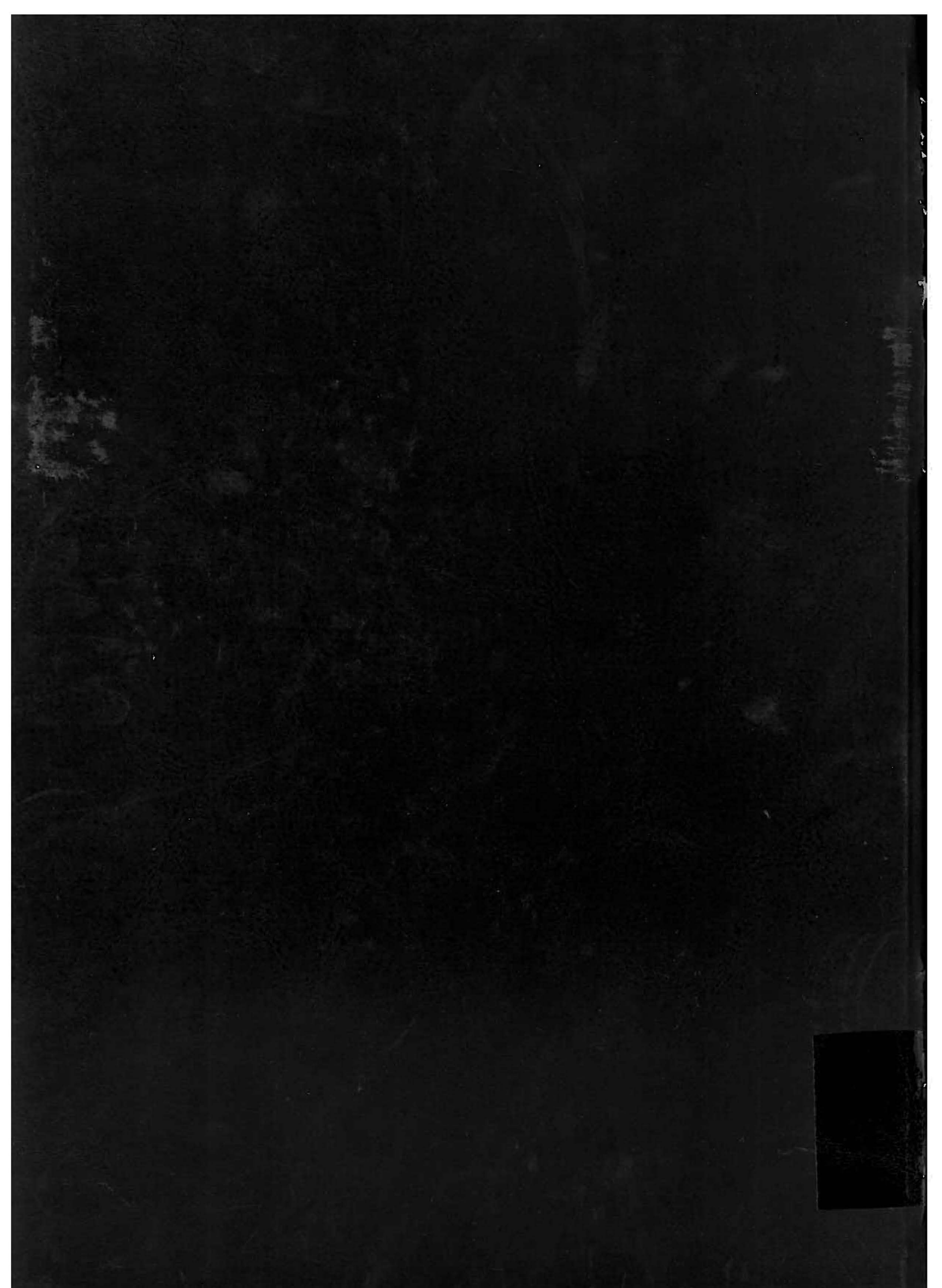
Tomar a primeira amostra(se já estiver fria) e adicionar 5 gôtas de fenolftaleína e titular com NaOH 4/N até viragem para cor rosa, anotar os ml gastos.

Cálculos: -25 mls de HCl em cada amostra+75 mls de H2o quente
5 gotas de timolftaleína
22 mls de NaOH para cor azul (p. ex.)
5 gotas de fenolftaleína
18,5 ml de NaOH para a cor rosa(tudo como exemplo)
2,2 ml de HCl para a descoloração

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 22,00 | 3,50 | 1,30 | | 2,7 |
| -18,50 | -2,20 | x2,12 = fator do MgCO3 | | x1,2 = fator do CaCO3 |
| 03,50 | 1,30 | 260 | | 54 |
| | | 130 | | 27 |
| | | 260 | | 3,24 |
| | | 2,7560 | | |

Resultados: -MgCO3 = 2,7 CO3T = 80,00 direto na régua
MgT = 2,7 -3,24
CaCO3 = 76,8 76,80 = CaCO3
CO3T = 80,00

PEGA E FINURA: - dos moinhos I, II, III, e IV. Pesar para a "pega" 400 gr. de cimento, ao colher a amostra, verificar a temperatura do cimento para o controle da % de água.

p.ex. 190ºC .....197º C ..... 103 ml de água
115ºC ..... ..... 110 ml de água

Fazer a adição de água marcando a hora exatamente(pois, já está nesse momento, iniciando a pega). Bater no tacho com auxílio de espátula durante 5', após então, colocar na forma marcando com a plaqueta a hora, e na planilha a hora exata. Após 60' testar com o polegar e iniciar então o teste propriamente dito com a agulha de VICAT.