

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS

Gabinete do Ministro

Decreto n.º 42 999

Sendo reconhecida de longa data a vantagem da mistura de pozolanas ao cimento, no ponto de vista técnico, pela sua propriedade de produzir o abaixamento do calor de hidratação e o aumento da resistência química do cimento *portland* à acção agressiva das águas puras e salinas;

Considerando que, no ponto de vista económico, o emprego de pozolanas tem interesse, por possuírmos jazigos nos arquipélagos dos Açores, Cabo Verde e S. Tomé e Príncipe capazes de fornecerem pozolanas que se verifica serem das melhores, pelo conhecimento que já se tem das características e do comportamento de algumas delas, adquirido através de algumas aplicações e de longos estudos do Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

Considerando, assim, que, além da conveniência técnica apontada, há interesse em fomentar a utilização de um produto nacional, cuja exploração pode ter repercussões no desenvolvimento da economia das regiões produtoras;

Feito o respectivo estudo das normas a aplicar pela subcomissão encarregada do estudo dos regulamentos de cimentos e betões, dentro da comissão permanente de revisão e instituição de regulamentos técnicos, criada junto do Conselho Superior de Obras Públicas por portaria de 23 de Maio de 1951;

Usando da faculdade conferida pelo n.º 3.º do artigo 109.º da Constituição, o Governo decreta e eu promulgo o seguinte:

Artigo 1.º É aprovado o caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas, bem como o seu anexo, que fazem parte integrante do presente decreto e com ele baixam assinados pelo Ministro das Obras Públicas.

Art. 2.º As disposições relativas à utilização de pozolanas que constam do anexo ao caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas poderão ser alteradas pelo Ministro das Obras Públicas, mediante parecer da subcomissão encarregada do estudo dos regulamentos e betões, dentro da comissão permanente de revisão e instituição de regulamentos técnicos, criada junto do Conselho Superior de Obras Públicas por portaria de 23 de Maio de 1951.

Publique-se e cumpra-se como nele se contém.

Paços do Governo da República, 1 de Junho de 1960. — AMÉRICO DEUS RODRIGUES THOMAZ — *António de Oliveira Salazar* — *Eduardo de Arantes e Oliveira*.

Relatório da subcomissão encarregada do estudo dos regulamentos de cimentos e betões justificativo do caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas.

1) Introdução

O conhecimento e a aplicação de pozolanas é antiquíssimo. Pode dizer-se que até ao princípio do século XIX as argamassas hidráulicas foram feitas quase exclusivamente com aquele material, mas o aparecimento do cimento artificial do tipo *portland*, em 1823, relegou as pozolanas para segundo plano.

Actualmente começa-se a encarar de novo com interesse o emprego das pozolanas, por melhorarem algumas

propriedades do cimento *portland* que tornam inconveniente o seu emprego em certas utilizações.

Entre outras consequências da mistura de pozolanas ao cimento refere-se o abaixamento do calor de hidratação e o aumento de resistência química, devido à redução da alcalinidade dos compostos formados pela reacção do cimento com a água (o que evita a formação do sulfoaluminato expansivo) e à formação de *gels* de sílica e alumina à volta dos aluminatos e de algum hidróxido de cálcio que não reagiu com a pozolana (o que evita a acção dissolvente da água pura que percorre os poros da argamassa ou do betão).

As vantagens de natureza técnica pode ainda juntar-se a economia que em muitos casos resulta para o custo do betão quando se procede à substituição de parte do cimento por pozolana, sobretudo em regiões não produtoras de cimento e situadas próximo dos jazigos de pozolanas, como é o caso dos arquipélagos dos Açores, Cabo Verde e S. Tomé e Príncipe.

As razões atrás apontadas, a conveniência em fomentar a utilização de um produto nacional cuja exploração é susceptível de ter interessantes repercussões no desenvolvimento da economia das regiões produtoras, o conhecimento das características e do comportamento de algumas pozolanas portuguesas adquirido através de algumas aplicações e de longos estudos do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e, ainda, a necessidade de orientar o emprego deste produto no sentido da sua valorização progressiva levaram à elaboração do caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas e das directrizes para a aplicação de pozolanas apresentados a seguir. Para este trabalho serviram de base os resultados dos estudos laboratoriais e as principais normas estrangeiras sobre pozolanas.

2) Comparação das normas estrangeiras sobre pozolanas e justificação das características e valores especificados no caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas.

Sabe-se da existência de normas sobre pozolanas nos seguintes países: Alemanha, Espanha, Estados Unidos da América, Itália, Rússia, Bulgária, Holanda, Roménia e Checoslováquia. Apenas foi possível, porém, consultar as normas dos cinco primeiros países. Da análise dessas normas, resumidas no quadro apenso a este relatório, conclui-se haver enorme diversidade de critérios para caracterizar as pozolanas, ao contrário do que acontece com os cimentos pozolânicos. Pode, entretanto, observar-se que todas as normas incluem condições relativas à finura da pozolana, às tensões de rotura de pastas ou argamassas de cal e pozolana e condições de carácter químico, exceptuando-se a norma russa, que apenas impõe estas últimas condições. No caderno de encargos proposto impõem-se também condições dos três tipos apontados.

No que respeita à finura, as exigências das normas consultadas são variadas, desde as da norma italiana, que apenas impõe que a pozolana passe através de um peneiro com malhas de 5 mm de diâmetro, até às das normas americanas, que impõem um resíduo igual ou inferior a 12 por cento no peneiro com malhas de 44µ de abertura. A norma federal americana impõe ainda o valor mínimo de 3000 cm²g⁻¹ para a superfície específica determinada pelo método de Blaine, o que não parece corrente com o valor fixado para o resíduo no peneiro de 44µ. Segundo a experiência do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, a resíduos naquele peneiro da ordem de 12 por cento correspondem, para as pozolanas que têm sido estudadas, superfícies específicas superiores a 8000 cm²g⁻¹.

A experiência colhida na aplicação de pozolanas em estaleiro, apesar de ainda pequena, tem aconselhado a utilização do material com um grau de finura que exclui as partículas de dimensões superiores a cerca de 0,6 mm, pois estas partículas são friáveis e tem-se considerado que não é muito prudente a sua introdução no betão. Se na Itália se admitem partículas até 5 mm de diâmetro, isso deve-se ao facto de muitas pozolanas italianas serem, do ponto de vista granulométrico e de resistência, verdadeiras areias e como tal poderem ser empregadas. Não se conhece ainda no nosso país pozolanas com o aspecto dessas pozolanas italianas e, por isso, considera-se mais prudente a existência de um resíduo muito pequeno no peneiro de 0,59 mm de abertura. A peneiração de uma pozolana através de tal peneiro não apresenta dificuldades especiais.

Além das condições a que deve satisfazer o resíduo de peneiração, impõe-se que a superfície específica da pozolana, determinada pelo método de Blaine, seja igual ou superior a $3000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

Estas condições só devem ser satisfeitas quando a pozolana se destina a ser empregada como componente individual de argamassas e betões. Quando a pozolana se destina à fabricação de cimento pozolânico não se impõe qualquer restrição à sua finura. Como é natural que, neste caso, o material se apresente com finura inconveniente para o seu emprego na pasta de cal e pozolana destinada aos ensaios de resistência, haverá necessidade de a moer em laboratório, como se indica na respectiva especificação de ensaio.

No que respeita a tensões de rotura a diversidade dos critérios para a sua avaliação seguidos nas normas consultadas também é acentuada. Na norma espanhola tal determinação é feita a partir de ensaios de tracção realizados sobre pastas de cal e pozolana; na norma italiana prevê-se a realização de ensaio de tracção e de compressão também sobre pastas; segundo as normas alemãs e americanas os ensaios são realizados sobre argamassa.

Nos ensaios de resistência que têm sido realizados no nosso país têm-se adoptado pastas de cal e pozolana com consistência normal, em que aqueles materiais são misturados na proporção de 1 para 3, em peso. Os provetes usados são, por comodidade e por uniformidade com os ensaios de cimento, prismas com $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$.

Dada a variedade de critérios adoptados no estrangeiro e o facto de a experiência portuguesa se basear neste tipo de ensaios parece aconselhável que seja ele o adoptado no presente caderno de encargos.

Quanto à cal apagada empregada nos ensaios, como não há ainda entre nós uma norma relativa a este produto, impõe-se, de acordo com as características das cals que têm sido usadas, um limite inferior para o teor em óxido de cálcio do material calcinado e um limite superior para o teor em anidrido carbónico do material seco a $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Quanto à finura, dada a solubilidade do material na água, impõe-se apenas que não deixe resíduo no peneiro de 0,59 mm de abertura.

Com base nos estudos já realizados verificou-se que existem no nosso país numerosas variedades de pozolanas, entre as quais se destaca um grupo caracterizado pela obtenção de altas tensões de rotura iniciais (aos 7 e aos 28 dias de idade) determinadas pelos ensaios já referidos. Verificou-se que este tipo de pozolana é o que reduz menos as resistências iniciais do betão e baixa mais os calores de hidratação, é o que se combina mais rapidamente com a cal e o que, misturado em menores proporções com o cimento, dá origem a solutos não saturados de cal no interior das pastas de cimento hidratado, conferindo assim às ar-

gamassas e betões em que intervém maior e mais precoce resistência aos agentes químicos agressivos.

Para distinguir as pozolanas deste tipo, designadas correntemente por «pozolanas de alta reactividade» ou «pozolanas enérgicas», das restantes pozolanas, designadas por «pozolanas fracas», consideram-se separadamente no caderno de encargos com as designações de «pozolanas do tipo I» e «pozolanas do tipo II», respectivamente.

Sabe-se também, com base na experiência existente, que as pozolanas para poderem ser consideradas de boa qualidade devem apresentar tensões de rotura iguais ou superiores a 100 kgf cm^{-2} , quando ensaiadas em pasta de cal com 1 ano de idade.

Conhecem-se algumas pozolanas que satisfazem aos valores especificados no caderno de encargos para as pozolanas do tipo II, mas que, ensaiadas ao fim de um ano, apresentam tensões de rotura bastante inferiores ao valor atrás indicado.

Surge, por isso, a necessidade de estudar convenientemente a pozolana de cada origem e fabricação antes de permitir o seu emprego. Tal estudo deve incluir ensaios a longo prazo e, como isto é incompatível com o curto intervalo de tempo de que geralmente se dispõe para a realização dos ensaios de recepção de um fornecimento, procurou-se resolver a dificuldade impondo no caderno de encargos a condição de só poderem ser utilizadas pozolanas cujo emprego seja homologado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil. O parecer de homologação pressupõe, portanto, que a pozolana em questão foi estudada convenientemente, não só do ponto de vista atrás indicado, mas também de outros, como sejam os relativos às condições de aplicação (modalidades de aplicação, dosagens mais convenientes, etc.). Os ensaios prescritos no caderno de encargos serão considerados apenas ensaios de recepção, isto é, ensaios de verificação da constância de características do produto.

Na análise das normas estrangeiras sobre pozolanas constata-se ainda que as condições de carácter químico impostas são variáveis de país para país. Na especificação americana da American Society for Testing Materials (A. S. T. M.), além daquelas condições, impõe-se uma série de ensaios realizados sobre argamassas e pastas feitas com mistura de pozolana com cimento: resistência da argamassa normal, contracção por secagem, expansibilidade em autoclave, expansibilidade em argamassa com vidro *pirex* moído e em argamassa de cimentos ricos em alcalis. Estes ensaios são feitos em comparação com ensaios semelhantes realizados sobre argamassas e pastas de cimento *portland* normal. Além disso, a especificação americana impõe à pozolana cláusulas especiais no caso de ela se destinar a betões com ar introduzido.

No presente caderno de encargos não se considerou necessário apresentar condições tão numerosas, dado o interesse em reduzir o custo e o prazo de execução dos ensaios de recepção. Preferiu-se impor apenas uma condição com base no ensaio de pozolanidade, e só nos casos em que a pozolana se destina a ser aplicada misturada com cimento. Trata-se de uma condição de natureza química a que a pozolana deve satisfazer quando misturada com o cimento a empregar em dada obra, na proporção prevista para a aplicação, e consiste em impor a não existência de solutos sobressaturados de cal no interior das argamassas e betões feitos com tal mistura. Esta condição deverá ser obrigatoriamente satisfeita quando as argamassas e betões se destinarem a ser aplicados em meios agressivos. A não satisfação de tal condição significa que a pozolana não é sufi-

cientemente reactiva ou está aplicada em pequena quantidade.

Lisboa, 14 de Março de 1960. — *Viriato Cannas — Manuel Coelho Mendes da Rocha — Carlos Martins de Oliveira — Luís Moreira Lobo — António Beja Neves — Edgar de Mesquita Cardoso — José da Rocha e Melo — Joaquim Augusto Ribeiro Sarmento — António de Sousa Coutinho — Armando Fragoso de Matos.*

Caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas

CAPÍTULO I

Especificações de qualidade

1 — Definição.

A pozolana é um material natural ou artificial, silicioso, aluminoso ou sílico-aluminoso, que, apesar de não ter propriedades aglutinantes hidráulicas, tem constituintes que se combinam, à temperatura ordinária e em presença da água, com o hidróxido de cálcio e com outros componentes do cimento hidratado, originando compostos de grande estabilidade química na água e com propriedades aglutinantes.

2 — Homologação.

O emprego da pozolana de cada marca, isto é, de uma dada origem e fabricação, é condicionado à prévia homologação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

3 — Condições de utilização.

A pozolana a empregar, quer como componente individual de argamassas e betões, quer como componente de cimento pozolânico, além de ter sido homologada, deve satisfazer a todas as prescrições do presente caderno de encargos.

4 — Embalagem.

A pozolana será entregue em sacos de papel, salvo se nas condições de fornecimento for estabelecido de outro modo, perfeitamente conservados e sem indício de violação.

O peso de cada saco com pozolana deve ser de 25 kg, com a tolerância de 2 por cento, e o peso do saco deve ser inferior a 0,5 kg.

5 — Identificação.

Os sacos serão de cor azul vivo e terão impressa a designação «Pozolana», o nome comercial do fabricante, a marca do produto e o sinal comprovativo de que foi homologada.

6 — Ensaios.

6.1 — Ensaios de amostras de lotes separados.

Com cada amostra de pozolana a ensaiar, colhida como se especifica em 8, fazem-se os ensaios prescritos em 7.

6.2 — Ensaios de amostras de lotes de pozolana a granel não separados.

Quando dois ou mais lotes de pozolana a granel sejam presentes conjuntamente à recepção e não estejam separados (veja-se 8.2), poderá proceder-se como em 6.1 ou, por acordo prévio, realizar os ensaios prescritos em 7 com a mistura da pozolana de cada duas amostras, considerando-se, neste caso, para efeito de aceitação

ou rejeição, os dois lotes correspondentes como um único lote.

7 — Valores especificados.

Os valores especificados para os resultados dos ensaios realizados como se determina no capítulo II do presente caderno de encargos são os seguintes:

Determinação	Valores especificados	
	Pozolana do tipo I	Pozolana do tipo II
Finura:		
Resíduo de peneiração (máximo)	5 %	5 %
Superfície específica (mínimo)	3000 cm ² g ⁻¹	2000 cm ² g ⁻¹
Tensão de rotura por flexão (mínimo):		
Aos 7 dias	10 kgf cm ⁻²	—
Aos 28 dias	20 kgf cm ⁻²	10 kgf cm ⁻²
Tensão de rotura por compressão (mínimo):		
Aos 7 dias	20 kgf cm ⁻²	—
Aos 28 dias	60 kgf cm ⁻²	30 kgf cm ⁻²
Pozolanicidade	Positivo	Positivo

Os valores especificados para a finura só são exigidos quando a pozolana se destina a ser empregada como componente individual de argamassas e betões.

O ensaio de pozolanicidade só será feito mediante pedido expresso do comprador. Este ensaio deve ser exigido quando a pozolana se destina ao fabrico de argamassas ou betões sujeitos a acções químicas agressivas. O ensaio de pozolanicidade deve realizar-se com a mistura da pozolana e do cimento que vai ser empregado nas obras, em proporção igual à prevista para a mistura a utilizar nessas obras.

8 — Colheita de amostras.

O fornecedor da pozolana deverá dar todas as facilidades e fornecer o pessoal e o material para a colheita e embalagem das amostras para ensaio e para a subsequente identificação da pozolana amostrada; será também de sua conta o custo da pozolana gasta nas amostras.

Excepto quando nas condições de fornecimento for estabelecido de modo diferente, a colheita de amostras será feita da maneira seguinte:

8.1 — Responsável pela colheita.

As amostras para ensaio serão colhidas pelo comprador ou pelo seu representante para esse fim ou pela fiscalização da obra em que vai ser aplicada a pozolana, na presença do fornecedor ou do seu representante para isso por ele designado.

8.2 — Divisão em lotes.

A pozolana da mesma marca apresentada de uma só vez pelo fornecedor à recepção deve considerar-se reparada por lotes de 100 t.

Considera-se igualmente como um lote todo o fornecimento de peso inferior a 125 t. Qualquer fracção de peso superior a 25 t que reste no fornecimento após a formação dos lotes de 100 t será também considerada como um lote.

Os lotes podem apresentar-se separados ou a granel, contidos num mesmo reservatório.

8.3 — Quantidade de pozolana a colher.

Por cada lote colhem-se 15 kg de pozolana, obtidos de dez tomas, pelo menos, sensivelmente do mesmo peso.

No caso de a pozolana se encontrar embalada será feita uma toma de cada uma de dez embalagens separadas ao acaso; quando a pozolana se encontrar a granel será feita uma toma de cada uma de dez diferentes zonas do lote uniformemente repartidas.

8.4 — Preparação e embalagem das amostras.

As dez tomas de cada um dos lotes devem ser intimamente misturadas, para o que se amontoam em forma de cone, se remexem e se tornam a amontoar e finalmente se arrasam e dividem em três partes aproximadamente iguais. Cada uma destas partes constituirá uma amostra, que deve ser conservada, até ser ensaiada, em recipiente metálico fechado, identificado e selado em presença dos interessados.

Uma das amostras ficará na posse do comprador, outra na posse do fornecedor e a terceira será enviada a um laboratório oficial para ensaio.

Quando as amostras forem colhidas de pozolana a granel deverão ser identificadas com números consecutivos correspondentes à posição relativa de cada um dos lotes no armazenamento.

9 — Despesas com os ensaios.

Salvo se nas condições de fornecimento for estabelecido de outro modo, no caso de o lote ser aceite, o custo dos ensaios da primeira amostra fica a cargo do comprador e o das outras duas a cargo do fornecedor e, no caso de o lote ser rejeitado, o custo dos ensaios das três amostras fica a cargo do fornecedor.

10 — Condições de aceitação e rejeição.

A aceitação e rejeição nas condições a seguir especificadas só têm valor legal para ensaios realizados em laboratório oficial.

10.1 — Condições gerais.

Sempre que um ou mais dos resultados dos ensaios efectuados sobre a primeira amostra não satisfaçam aos valores especificados o lote correspondente será rejeitado provisoriamente; no caso contrário será aceite.

A rejeição provisória tornar-se-á definitiva:

- 1.º Quando o fornecedor não mandar ensaiar a amostra do mesmo lote que ficou em seu poder;
- 2.º Quando, tendo-o feito, um ou mais dos resultados dos ensaios sobre ela efectuados não satisfizerem aos valores especificados ou, no caso de satisfizerem, quando a amostra que ficou em poder do comprador der origem a um ou mais resultados que não satisfaçam aos valores especificados.

A rejeição provisória será levantada e o lote aceite quando todos os resultados dos ensaios efectuados sobre as amostras na posse do fornecedor e do comprador satisfizerem aos valores especificados.

10.2 — Pozolana em sacos.

Um lote fornecido em sacos pode ser rejeitado se o peso médio destes, determinado a partir da pesagem de um grupo de, pelo menos, 50 sacos tirados ao acaso desse lote, for inferior ao valor nominal.

10.3 — Pozolana a granel.

Quando dois ou mais lotes não separados de pozolana a granel sejam presentes conjuntamente à recepção, se não for possível identificar cada um dos lotes considerados para o efeito de colheita das amostras, o forneci-

mento deve ser aceite ou rejeitado conjuntamente, de acordo com as condições estabelecidas em 10.1, considerando como representativa do fornecimento a amostra dele colhida que tenha apresentado resultados menos favoráveis. Se for possível identificar cada um dos lotes considerados para o efeito de colheita das amostras, poderá fazer-se a sua rejeição ou aceitação separadamente, de acordo com 10.1, atribuindo-se a cada lote os resultados dos ensaios obtidos sobre a amostra respectiva.

CAPÍTULO II

Especificações de ensaio

11 — Determinação do resíduo de peneiração.

11.1 — Aparelhos e utensílios.

a) Balança para pesar até 200 g com erro inferior a 0,005 g.

b) Peneiro com 15 cm a 20 cm de diâmetro interior, de tela de arame de latão ou de bronze fosforoso com malhas quadradas de $0,59 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$ de abertura média. A abertura máxima não deve exceder a abertura média em mais de 15 por cento e não deve haver mais de 5 por cento de malhas com aberturas que excedam em mais de 7,5 por cento a abertura média. O diâmetro do arame deve ser de $0,390 \text{ mm} \pm 0,039 \text{ mm}$.

Logo que a tela apresente malhas desigualmente abertas ou não esteja perfeitamente esticada, o peneiro deve ser substituído.

c) Duas peças metálicas: uma destinada a servir de fundo e outra de tampa do peneiro.

11.2 — Técnica.

Coloca-se o fundo no peneiro, deitam-se-lhe 100 g da amostra da pozolana previamente seca a $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante e cobre-se com a tampa.

Faz-se em seguida a peneiração, manual ou mecânicamente, que termina quando passam menos de 5 cg de material num minuto.

Pesa-se o resíduo e repete-se o ensaio duas vezes sobre novas quantidades da amostra.

11.3 — Resultado.

O resultado do ensaio, em percentagem, é dado pela média das quantidades de pozolana retidas nos três ensaios.

O resultado apresenta-se arredondado às décimas.

12 — Determinação da superfície específica.

12.1 — Definição.

Superfície específica de uma pozolana — soma das áreas das superfícies das partículas existentes na unidade de massa de uma pozolana.

12.2 — Fundamento do método.

A determinação, com o permeabilímetro de Blaine, da superfície específica de um material pulverulento baseia-se no facto de a velocidade de escoamento do ar através de uma camada do material com determinada porosidade ser função do número e do tamanho dos vazios existentes na camada, os quais dependem do tamanho das partículas do material e, portanto, da superfície específica deste.

12.3 — Aparelhos e utensílios.

a) Permeabilímetro de Blaine, constituído essencialmente por um tubo manométrico a que se liga num dos ramos uma célula cujo fundo, amovível e constituído

por um disco perfurado, se destina a suportar a camada do material a ensaiar, previamente compactada com um pilão (fig. 1).

A célula é de vidro ou de metal inoxidável que não forme amálgama com o mercúrio e tem a forma e as dimensões indicadas na figura. O rebordo interior existente na extremidade inferior da célula deve ter apenas a saliência necessária para dar apoio ao disco perfurado e o topo superior da célula deve estar num plano normal ao eixo desta. A adaptação da célula ao tubo manométrico faz-se por meio de junta cônica que deve ser estanque ao ar.

O disco perfurado é de metal inoxidável, tem 30 a 40 orifícios circulares de 1 mm de diâmetro, distribuídos uniformemente, e deve ajustar-se à superfície interior da célula.

O pilão, de metal inoxidável, é formado por um corpo cilíndrico com uma das bases de bordo vivo e normal ao eixo e com uma pega na outra extremidade. Quando o corpo do pilão está completamente introduzido na célula, a pega deve apoiar-se no rebordo superior desta, a folga entre o pilão e a parede interior da célula não deve exceder 0,1 mm e a base do pilão deve distar $15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ do fundo da célula. Na ligação da pega ao corpo do pilão e ao longo deste existe um chanfro ou uma ranhura para permitir a saída do ar contido na célula quando o pilão se introduz nela.

O tubo manométrico é de vidro, dobrado em U. Um dos ramos tem gravados quatro traços nos sítios assinalados na figura e bifurca-se, perto da extremidade, num alargamento para adaptação da célula e num outro tubo que tem inseridas uma torneira a 5 cm da bifurcação e uma pêra de borracha na extremidade. A torneira, quando fechada, deve ser estanque ao ar. O líquido manométrico não deve ser volátil nem higroscópico e deve ter viscosidade e densidade baixas, como, por exemplo, o dibutilftalato (dibutil 1,2-benzeno-dicarboxilato) ou certos óleos minerais leves.

b) Balança para pesar até 200 g com erro inferior a 0,005 g.

c) Cronómetro que permita leituras com erro inferior a 0,5 s ou a 0,5 por cento do intervalo de tempo medido, conforme esse intervalo é inferior ou superior a 100 s;

d) Termómetro graduado em graus centígrados;

e) Discos de papel de filtro de poros médios, do tipo de tarja azul, com diâmetro igual ao do interior da célula;

f) Placa de vidro para rasar o mercúrio introduzido na célula;

g) Vidros de relógio de cerca de 6 cm de diâmetro para conter o cimento ou a pozolana durante as pesagens;

h) Pincel de pêlo de marta;

i) Funil de vidro com 60° de abertura, cerca de 6 cm de diâmetro e 2 cm de comprimento do tubo;

j) Mercúrio (cerca de 200 g).

12.4 — Calibragem do aparelho.

12.4.1 — Generalidades.

a) A calibragem do permeabilímetro de Blaine destina-se à obtenção do valor da constante do aparelho, que intervém no cálculo da superfície específica do material a ensaiar.

A determinação é feita a partir do ensaio de um cimento padrão de que se conheçam a superfície específica, a massa específica e a porosidade da camada compactada no permeabilímetro (*).

b) O aparelho deve ser calibrado de 100 em 100 determinações, para anular a influência do desgaste das peças, e sempre que as condições do seu funcionamento sejam claramente alteradas, como, por exemplo, por perda de líquido manométrico, por utilização de líquido ou papel de filtro de tipo diferente do anteriormente usado, etc.;

c) O material usado nas operações de calibragem deve estar à temperatura da sala de ensaio, pelo que deve permanecer nela durante algumas horas antes do início do ensaio;

d) A calibragem do aparelho deve ser feita pelo operador que faz as determinações da superfície específica.

12.4.2 — Determinação do volume da camada do material.

Coloca-se na célula o disco perfurado e, sobre ele, dois discos de papel de filtro, que se apertam contra o fundo da célula com uma vareta, lápis ou objecto análogo, tendo o cuidado de evitar que o papel se dobre e que os seus bordos fiquem levantados.

Enche-se a célula de mercúrio, lentamente e de modo a libertar as bolhas de ar aderentes às paredes, rasase a superfície do mercúrio com a placa de vidro, limpa-se a célula, com o pincel, das gotas de mercúrio aderentes às paredes exteriores e determina-se o peso do mercúrio introduzido na célula.

Depois de esvaziar o mercúrio retira-se o disco superior de papel de filtro e introduzem-se na célula cerca de 2,8 g de um cimento qualquer. O cimento é introduzido na célula pelo funil, que deve estar seco, devendo ter-se o cuidado de arrastar para dentro da célula, com o pincel, as partículas de cimento que fiquem aderentes ao funil. Dão-se ligeiras pancadas na célula para alisar a superfície do cimento, coloca-se de novo o papel de filtro e comprime-se o cimento com o pilão. A quantidade de cimento usada é a conveniente se, após a compressão, a pega ficar apoiada no bordo superior da célula e o cimento não ficar solto. Se isso se não verificar, repetem-se as operações com quantidades de cimento diferentes até se encontrar a quantidade adequada.

Retira-se o pilão, enche-se a célula de mercúrio nas condições já indicadas e determina-se o peso de mercúrio utilizado.

Regista-se a temperatura do ambiente na sala de ensaios.

Sendo:

M_1 a massa, em gramas, de mercúrio necessária para encher a célula sem cimento,

M_2 a massa, em gramas, de mercúrio necessária para encher a célula com a camada de cimento,

μ_m a massa específica, em gramas por centímetro cúbico, do mercúrio à temperatura a que se fez o ensaio, dado no quadro 1,

o volume da camada de cimento, em centímetros cúbicos, é

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\mu_m}$$

O ensaio deve ser repetido até se obterem dois valores que difiram menos de $0,01 \text{ cm}^3$. Para cálculos ulteriores toma-se para volume da célula a média desses dois valores.

12.4.3 — Determinação da massa de cimento padrão a usar na calibragem.

Sendo:

V o volume da camada de cimento, em centímetros cúbicos,

(*) O Laboratório Nacional de Engenharia Civil poderá fornecer amostras do cimento padrão e indicar o valor das suas características.

μ_p a massa específica do cimento padrão, em gramas por centímetro cúbico.

e_p a porosidade do cimento padrão,

a massa, em gramas, de cimento padrão a usar na calibragem é

$$M_p = \mu_p V (1 - e_p)$$

12.4.4 — Preparação da camada de cimento padrão.

Depois de limpa a célula, monta-se o disco perfurado e coloca-se sobre ele um disco de papel de filtro que se ajusta como foi indicado.

Pesa-se a quantidade de cimento padrão calculada anteriormente, introduz-se na célula, alisa-se a superfície, coloca-se sobre ela um disco de papel de filtro, comprime-se até a pega do pilão ficar apoiada no bordo da célula e retira-se o pilão lentamente.

12.4.5 — Verificação da estanquidade do aparelho.

Coloca-se o tubo manométrico com os ramos verticais e ajusta-se-lhe a célula.

Tapa-se a boca da célula, por exemplo com a ponta de um dedo, de modo a evitar a entrada do ar, provoca-se com a pêra um desnível entre a superfície livre do líquido nos dois ramos do tubo e fecha-se a torneira.

Se o desnível se mantiver, o aparelho está em boas condições de funcionamento; no caso contrário vedam-se as ligações, por exemplo com o emprego de massa consistente ou vaselina.

12.4.6 — Medição do tempo de escoamento do ar.

Abre-se a torneira, leva-se, com o auxílio da pêra, a superfície livre do líquido até à primeira marca do tubo e fecha-se a torneira.

No instante em que a superfície livre do líquido passa pela segunda marca dispara-se o cronómetro e mede-se o tempo decorrido até a referida superfície passar pela terceira marca.

Preparam-se duas novas camadas de cimento padrão e faz-se em cada uma nova determinação do tempo de escoamento do ar.

Regista-se a temperatura do ambiente na sala de ensaios.

O tempo de escoamento do ar é dado pela média das determinações feitas.

12.4.7 — Cálculo da constante do aparelho.

Sendo:

S_p a superfície específica do cimento padrão, em centímetros quadrados por grama,

μ_p a massa específica do cimento padrão, em gramas por centímetro cúbico,

e_p a porosidade do cimento padrão,

t_p o tempo, em segundos, de escoamento do ar através da camada de cimento padrão,

η a viscosidade, em *poises*, do ar à temperatura do ambiente em que se fez a determinação do tempo de escoamento,

a constante do aparelho é

$$K = S_p \frac{\mu_p (1 - e_p) \sqrt{\eta}}{\sqrt{e_p^3} \sqrt{t_p}}$$

Os valores de $\sqrt{\eta}$, de $\sqrt{e_p^3}$ e de $\sqrt{t_p}$ são dados nos quadros I, II e III, respectivamente.

12.5 — Determinação da superfície específica.

12.5.1 — Determinação da massa específica.

Determina-se a massa específica da pozolana com o densímetro de Le Châtelier, como se indica em 13.

12.5.2 — Determinação da porosidade da camada de pozolana.

A pozolana deve ter sido seca a $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante, e tanto ela como os aparelhos e utensílios a utilizar devem estar à temperatura da sala de ensaio.

Prepara-se na célula uma camada de pozolana comprimida nas condições referidas em 12.4.2, para o que se experimentam, como se indicou, várias quantidades de material (*).

Cada uma das quantidades deve ser pesada com erro inferior a 0,005 g antes de ser introduzida na célula.

Sendo:

M a massa, em gramas, de pozolana utilizada na camada,

μ a massa específica da pozolana, em gramas por centímetro cúbico,

V o volume da camada de pozolana, em centímetros cúbicos, que é igual ao volume da camada de cimento determinado como se indica em 12.4.2,

a porosidade da camada compactada é

$$e = 1 - \frac{M}{\mu V}$$

12.5.3 — Determinação do tempo de escoamento do ar.

Determina-se o tempo de escoamento do ar através da camada compacta, como se indicou em 12.4.5 e 12.4.6, com a diferença de que só se faz uma determinação do tempo de escoamento numa única camada de pozolana.

12.5.4 — Cálculo da superfície específica.

Sendo:

K a constante do aparelho,

e a porosidade da camada de pozolana,

μ a massa específica da pozolana, em gramas por centímetro cúbico,

t o tempo de escoamento do ar em segundos,

η a viscosidade, em *poises*, do ar à temperatura do ambiente em que se fez a determinação do tempo de escoamento,

a superfície específica da pozolana, em centímetros quadrados por grama, é

$$S_e = K \frac{\sqrt{e^3} \sqrt{t}}{\mu (1 - e) \sqrt{\eta}}$$

O resultado apresenta-se arredondado às dezenas.

12.6 — Exemplo de aplicação.

12.6.1 — Calibragem do aparelho.

Superfície específica do cimento padrão (dada em certificado) $S_p = 2950 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

Massa específica do cimento padrão (dado em certificado) $\mu_p = 3,15 \text{ g cm}^{-3}$

Porosidade da camada de cimento padrão (dada em certificado) $e_p = 0,500$

Volume da camada de material (ver 12.4.2) $V = 1,834 \text{ cm}^3$

(*) Para diminuir o número de tentativas aconselha-se que a primeira quantidade utilizada tenha o peso correspondente à porosidade de 0,530 (se o material a ensaiar fosse um cimento, tomar-se-ia o valor 0,500).

Massa de cimento padrão a introduzir na célula (ver 12.4.3)

$$M_p = \mu_p V (1 - e_p) = 3,15 \times 1,834 (1 - 0,500) = 2,89 \text{ g}$$

Tempo de escoamento do ar (ver 12.4.6) $t_p = 68,5 \text{ s}$

Temperatura da sala do ensaio $\theta = 18^\circ \text{C}$

Viscosidade do ar (quadro I) $\left\{ \begin{array}{l} \eta = 17,98 \times \\ \times 10^{-5} \text{ poises} \end{array} \right.$

Constante do aparelho:

$$K = \frac{S_p \mu_p (1 - e_p) \sqrt{\eta}}{\sqrt{e_p^3} \sqrt{t_p}} = \frac{2950 \times 3,15 (1 - 0,500) \times 0,01341}{0,354 \times 8,28} = 21,26$$

12.6.2 — Determinação da superfície específica de uma pozolana.

Constante do aparelho. $K = 21,26$

Volume da camada de material $V = 1,834 \text{ cm}^3$

Massa específica da pozolana (ver 12.5.1) $\mu = 2,41 \text{ g cm}^{-3}$

Massa de pozolana introduzida na célula (ver 12.5.2) . . . $M = 2,21 \text{ g}$

Porosidade da camada de pozolana (ver 12.5.2):

$$e = 1 - \frac{M}{\mu V} = 1 - \frac{2,21}{2,41 \times 1,834} = 0,500$$

Tempo de escoamento do ar (ver 12.5.3) $t = 209 \text{ s}$

Temperatura da sala de ensaio $\theta = 18^\circ \text{C}$

Viscosidade do ar (quadro I) $\left\{ \begin{array}{l} \eta = 17,98 \times \\ \times 10^{-5} \text{ poises} \end{array} \right.$

Superfície específica da pozolana:

$$S_{0,50} = \frac{K \sqrt{e^3} \sqrt{t}}{\mu (1 - e) \sqrt{\eta}} = \frac{21,26 \times 0,354 \times 14,46}{2,41 \times (1 - 0,500) \times 0,01341} = 6730 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

13 — Determinação da massa específica.

13.1 — Aparelhos e utensílios.

a) Balança para pesar até 200 g com erro inferior a 0,005 g.

b) Densímetro de Le Châtelier de 250 mm de altura, com ampola de cerca de 250 ml de capacidade até ao zero da escala, escala graduada de modo a permitir fazer leituras com erro inferior a 0,05 ml e rolha esmerilhada (fig. 2).

c) Copo de vidro de capacidade suficiente para conter a amostra.

d) Pipeta para acertar a quantidade de gasolina pelo zero da escala.

e) Dois funis de vidro: um de tubo comprido, para gasolina; outro de tubo curto, para pozolana.

f) Termómetro graduado em décimos de grau centígrado.

13.2 — Técnica.

A gasolina, o densímetro e a pozolana devem estar à temperatura do ambiente da sala de ensaio. Durante o ensaio essa temperatura, compreendida entre 15°C e 25°C , não deve variar mais de $0,2^\circ \text{C}$.

Pesam-se, no copo de vidro, 50 g da amostra de pozolana previamente seca a $105^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ até peso constante; enche-se de gasolina o densímetro até ao zero da escala (sem deixar escorrer pelas paredes) e acerta-se

o seu volume com a pipeta; deitam-se, pouco a pouco, os 50 g de pozolana e rolha-se.

Pega-se no densímetro pela boca e inclina-se de forma que a gasolina não toque na rolha; vai-se rodando alternadamente num e noutro sentido até que, colocado na posição vertical, deixem de aparecer bolhas de ar.

Lê-se directamente na escala o volume dos 50 g de pozolana.

13.3 — Resultado.

Sendo:

M a massa, em gramas, de pozolana ensaiada,
 V o volume, em centímetros cúbicos, da mesma pozolana,

a massa específica da pozolana, em gramas por centímetro cúbico, é

$$\frac{M}{V}$$

O resultado apresenta-se arredondado às centésimas.

14 — Determinação da resistência mecânica.

14.1 — Materiais.

a) Cal aérea hidratada, seca a $105^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ até peso constante e suficientemente fina para não deixar resíduo no peneiro de 0,59 mm de abertura. O teor em óxido de cálcio da cal, determinado sobre o material calcinado, deve ser igual ou superior a 90 por cento e o teor em anidrido carbónico, determinado sobre o material seco a $105^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$, deve ser igual ou inferior a 7 por cento.

b) Pozolana seca a $105^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ até peso constante. Se a finura da pozolana da amostra a ensaiar obedecer aos valores especificados em 7, o ensaio realiza-se com a pozolana tal qual se encontra; no caso contrário, mói-se no laboratório e passa-se no peneiro de 0,59 mm de abertura definido em 11.1, b), devendo o material passado, único a utilizar no ensaio, ter superfície específica, determinada com o permeabilímetro de Blaine, não superior a $8000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

c) Água potável para amassadura e conservação dos provetes.

14.2 — Aparelhos e utensílios.

a) Balança para pesar até 2 kg, com erro inferior a 2 g.

b) Proveta com 250 ml de capacidade, pelo menos, e graduada de modo a permitir medições com erro inferior a 2 ml.

c) Seis moldes, cada um deles com boca rectangular de $4 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$, de aço, ferro fundido ou bronze, com dureza igual ou superior a $HRB 55$, que permitam uma boa vedação, por forma que os provetes não apresentem rebarbas (fig. 3).

Os moldes devem ser tais que os provetes fiquem com as dimensões nominais de $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$.

As suas características e tolerâncias são as indicadas no quadro seguinte:

Características	Valores e tolerâncias
Largura interior	$40 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$
Altura interior	$40 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$
Ângulos entre faces interiores de	$90^\circ \pm 0,5^\circ$
Desempenho das faces interiores de $40 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$	$\pm 0,02 \text{ mm}$

Os moldes poderão ser agrupados de modo a permitir o fabrico simultâneo de três provetes.

A espessura das paredes dos moldes não deve ser inferior a 10 mm e em moldes triplos a espessura da base não deve ser inferior a 15 mm.

d) Máquina para ensaios de flexão, por exemplo uma balança de Michaëlis adaptada à realização destes ensaios, em que a flexão seja provocada pelo deslocamento de um par de roletes cilíndricos com 10 mm de diâmetro e afastados de 100 mm entre eixos, relativamente a um terceiro de igual diâmetro e centrado com os primeiros (fig. 4).

As forças devem poder ser aplicadas gradualmente sem choques e a sua intensidade deve poder ser determinada com erro inferior a 1 por cento. A máquina deve, para este efeito, ser aferida frequentemente, e nunca com intervalos superiores a seis meses.

e) Máquina para ensaios de compressão com um dos pratos provido de rótula esférica e que permita determinar a intensidade das forças com erro inferior a 1 por cento. Deve, para este efeito, ser aferida frequentemente, e nunca com intervalos superiores a seis meses. A compressão deve ser provocada por intermédio de duas placas de aço de, pelo menos, 15 mm de espessura e com um superfície quadrada de $40 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de lado (fi. 5). O desempenho das faces interiores das placas deve ser de $\pm 0,02 \text{ mm}$. Um dos pratos deve ser susceptível de movimentos de rotação em torno de eixos horizontais.

f) Colher de pedreiro, uma superfície lisa não absorvente nem atacável pela mistura de cal e pozolana sobre a qual se fará a amassadura dos materiais, um recipiente metálico para cobertura da pasta, uma régua metálica e um tanque para conservação dos provetes, com água potável à temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$.

14.3 — Preparação dos provetes.

A preparação dos provetes deve ser feita numa sala à temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, temperatura a que deverão estar os materiais e utensílios a empregar.

a) Número de provetes. — Se se pretender realizar ensaios apenas aos 28 dias, moldam-se três provetes com a pozolana de cada amostra; se se pretenderem realizar ensaios aos 7 e aos 28 dias, moldam-se 6 provetes, ensaiando-se 3 ao fim de cada um daqueles intervalos de tempo.

b) Preparação dos moldes. — Os moldes devem ser convenientemente montados e depois oleados com um pincel por forma a ficarem cobertos com uma camada de óleo contínua e pouco espessa. O óleo deve ser mineral e ter uma viscosidade média, por exemplo SAE 50.

c) Amassadura. — A amassadura é feita simultaneamente para três provetes pela forma seguinte:

Humedece-se a superfície sobre que se vai fazer a amassadura e amontoam-se sobre ela 250 g de cal e 750 g de pozolana, que se misturam à colher até se obter cor uniforme.

Forma-se uma cratera na qual se deita a quantidade de água necessária para formar a pasta normal (ver 15) e vão-se virando cuidadosamente os materiais secos, do exterior para o interior, até que toda a água seja absorvida; esta operação não deve exceder um minuto.

Amassa-se com uma colher enérgicamente, até terem passado cinco a quinze minutos após a adição da água, acumulando e espalhando alternadamente a pasta, que, no final, se junta e cobre com o recipiente metálico.

d) Moldagem dos provetes. — Com a pasta obtida pela forma indicada, imediatamente a seguir à sua preparação, moldam-se simultaneamente três provetes como segue:

1.º Lançam-se cerca de 150 g de pasta em cada um dos três moldes. Com a mão protegida por uma luva

de borracha comprime-se a pasta de encontro às arestas interiores dos moldes, auxiliando esta operação com a colher de pedreiro. Ajustadas as primeiras camadas, lançam-se sobre elas iguais quantidades de pasta e repete-se a operação de compressão e ajustamento, tendo o cuidado de evitar a formação de bolhas de ar.

2.º Rasa-se a pasta com uma régua mantida vertical e que se desloca com um movimento de vaivém.

Para facilitar a saída do ar retido na pasta batem-se os moldes sobre uma superfície dura, deixando-os cair de uma altura de 1 cm a 2 cm.

Quando já não se libertarem bolhas de ar dá-se por terminada a operação e aplanam-se a superfície da pasta com a colher de pedreiro, sem exercer pressão sobre ela.

e) Conservação dos provetes. — Durante as primeiras 24 a 72 horas os provetes são conservados nos moldes, cobertos por uma chapa metálica, e ao ar numa câmara à temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e humidade relativa não inferior a 95 por cento.

A desmoldagem deve efectuar-se à temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, e não deve demorar mais de quinze minutos.

Os provetes são em seguida conservados em água à temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, até à data do ensaio, e a água deve ter livre acesso a todas as suas faces.

14.4 — Técnica.

Os ensaios devem ser realizados à temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e com um ritmo tal que cada provete não fique exposto ao ar mais de quinze minutos, até se efectuar o ensaio de compressão. Com este objectivo podem imergir-se os provetes antes do ensaio de flexão e, depois de retirados do tanque de conservação, num recipiente com água à temperatura da água de conservação.

a) Ensaio de flexão. — Colocado o provete na máquina de ensaio, centrado em relação aos roletes e com a face de enchimento voltada para o operador, realiza-se o ensaio pela aplicação de forças progressivamente crescentes e sem choques até à rotura do provete. A velocidade de aplicação das forças ao provete deve ser de cerca de $5 \text{ kgf s}^{-1} \pm 1,5 \text{ kgf s}^{-1}$.

A força de rotura por flexão é a força máxima registada pela máquina de ensaio.

b) Ensaio de compressão. — Os provetes para ensaio de compressão são constituídos pelas metades dos prismas ensaiados à flexão.

Colocado o provete na máquina de ensaio, centrado em relação aos pratos e com a face de enchimento voltada para o operador, realiza-se o ensaio pela aplicação de forças progressivamente crescentes e sem choques, até à rotura do provete. A velocidade de aplicação das forças deve ser tal que a variação de tensões seja de cerca de $20 \text{ kgf cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \pm 5 \text{ kgf cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

A força de rotura por compressão é a força máxima registada pela máquina de ensaio.

14.5 — Resultados.

Sendo:

F_1 a força de rotura por flexão, em quilogramas-força,

F_2 a força de rotura por compressão, em quilogramas-força,

a tensão de rotura por flexão de cada provete, em quilogramas-força por centímetro quadrado, é

$$0,2343 F_1 (*)$$

(*) Se se utilizar uma balança de Michaëlis com uma multiplicação de K vezes a tensão de rotura por flexão de cada provete é $0,2343 K G$, sendo G o peso do balde e da grenalha de chumbo, em quilogramas-força.

e a tensão de rotura por compressão de cada provete, em quilogramas-força por centímetro quadrado, é

$$0,0625 F_2$$

O resultado do ensaio de cada amostra é dado pela média dos resultados dos ensaios dos respectivos provetes e apresenta-se arredondado às unidades.

Se os desvios das tensões individuais máxima e mínima de cada série de provetes em relação à média dos valores obtidos nessa série excederem, em qualquer dos casos, 20 por cento desse valor médio, desprezam-se os resultados e repete-se o ensaio.

15 — Determinação da quantidade de água de amassadura da pasta normal.

15.1 — Definição.

Pasta normal. — Pasta constituída por uma parte, em peso, da cal aérea e três partes, em peso, de pozolana, amassada em condições especificadas com uma quantidade de água tal que a sonda de consistência do aparelho de Vicat, quando deixa de se afundar, sob a acção do seu próprio peso, fica a $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ do fundo.

15.2 — Materiais.

a) Cal aérea hidratada, seca a $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, até peso constante e suficientemente fina para não deixar resíduo no peneiro de 0,59 mm de abertura. O teor, em óxido de cálcio da cal, determinado sobre o material calcinado, deve ser igual ou superior a 90 por cento e o teor em anidrido carbónico, determinado sobre o material seco a $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, deve ser igual ou inferior a 7 por cento;

b) Pozolana seca a $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, até peso constante. Se a finura da pozolana da amostra a ensaiar obedecer aos valores especificados em 7, o ensaio realiza-se com a pozolana, tal qual se encontra; no caso contrário, mói-se no laboratório e passa-se no peneiro de 0,59 mm de abertura definido em 11.1, b), devendo o material passado, único a utilizar no ensaio, ter superfície específica, determinada com o permeabilímetro de Blaine, não superior a $8000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

c) Água potável.

15.3 — Aparelhos e utensílios.

a) Balança para pesar até 1 kg, com erro inferior a 1 g.

b) Proveta graduada em mililitros, com 300 ml de capacidade, pelo menos.

c) Aparelho de Vicat cujo suporte tenha uma base de nível para apoio do molde, um braço com escala graduada em milímetros e um dispositivo de guiamento da haste para movimentos verticais (fig. 6).

A escala deve permitir pequenos deslocamentos para indicar directamente, com erro inferior a 0,5 mm, a espessura da camada de pasta de cimento entre o fundo do molde e a extremidade da sonda de consistência.

O molde troncocónico tem fundo plano ligado à parede lateral ou constituído por uma placa de vidro de cerca de 10 cm de lado sobre a qual aquela se apoia. As suas dimensões interiores são as seguintes:

Diâmetro da base menor	80 mm $\pm$ 3 mm
Diâmetro da base maior	90 mm $\pm$ 3 mm
Altura	40 mm $\pm$ 1 mm

A sonda de consistência deve ser um cilindro recto, de acabamento perfeito e com $10 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ de diâmetro (fig. 7).

O peso do conjunto haste-sonda de consistência deve ser de $300 \text{ gf} \pm 0,5 \text{ gf}$.

As peças em contacto com a mistura de cal e pozolana devem ser lisas e constituídas por material não absorvente e não atacável por ela.

d) Colher de pedreiro e chapa ou superfície lisa, para amassadura, não absorvente nem atacável pela mistura de cal e pozolana.

15.4 — Preparação dos provetes.

A preparação dos provetes deve ser feita numa sala a temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, temperatura a que deverão estar os materiais e utensílios a empregar.

Amontoam-se sobre uma superfície lisa, não absorvente nem atacável pela mistura de cal e pozolana, 250 g de cal e 750 g de pozolana, que se misturam à colher até obter cor uniforme.

Forma-se uma cratera onde se deita, de uma só vez, determinada quantidade de água. Vão-se virando cuidadosamente os materiais secos, do exterior para o interior, até que toda a água seja absorvida; esta operação não deve exceder um minuto. Amassa-se com uma colher, enèrgicamente, acumulando e espalhando alternadamente a pasta, até terem passado cinco a quinze minutos após a adição da água.

Amontoa-se a pasta e divide-se, à colher, em duas partes iguais; enche-se com uma delas o molde, sem trepidação nem compactação, e rasa-se com o cutelo da colher num movimento de vaivém.

15.5 — Técnica.

Preparado o provete, coloca-se debaixo da sonda de consistência, centrado com esta; desce-se a sonda de consistência lentamente, sem aceleração e, logo que ela deixe de se afundar por acção do seu próprio peso, lê-se na escala a distância entre a extremidade da sonda e o fundo do molde.

Repete-se o ensaio com novas pastas amassadas com outras quantidades de água até que a espessura da camada de pasta abaixo da sonda de consistência seja de $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

15.6 — Resultado.

Sendo V o volume, em mililitros, da água de amassadura da pasta em cujo ensaio se obteve a espessura de camada desejada, a quantidade de água de amassadura da pasta normal, em percentagem da massa da mistura de cal e pozolana, é

$$\frac{V}{10}$$

O resultado apresenta-se arredondado às décimas.

16 — Determinação da pozolanicidade.

16.1 — Fundamento do método.

A determinação da pozolanicidade baseia-se no facto de as pozolanas fixarem, em presença da água, hidróxido de cálcio proveniente da hidratação dos cimentos e, portanto, fazerem com que o teor em óxido de cálcio da fase líquida da pasta de cimento e pozolana, para cada temperatura e teor em álcalis, seja inferior ao correspondente à saturação dessa fase à mesma temperatura e para o mesmo teor em álcalis.

16.2 — Resumo do processo.

Determinação do teor em óxido de cálcio e do teor em álcalis da fase líquida de uma pasta de cimento e pozolana, mantida a determinada temperatura durante um certo tempo, e comparação do primeiro daqueles teores com o que corresponderia à saturação do líquido, para iguais temperatura e teor em álcalis.

16.3 — Reagentes e auxiliares.

- a) Ácido clorídrico 0,1 N.
- b) Ácido sulfúrico (1:1).
- c) Hidróxido de amónio (1:1).
- d) Sóluto de oxalato de amónio (50 gl⁻¹).
- e) Sóluto de permanganato de potássio aproximadamente 0,05 N.
- f) Sóluto aquoso de alaranjado de metilo (0,1 gl⁻¹).

16.4 — Aparelhos e utensílios.

- a) Balança para pesar até 100 g. com erro inferior a 0,01 g.
- b) Estufa capaz de manter a temperatura de 40°C ± 1°C.
- c) Pipetas de 50 ml e de 100 ml.
- d) Galheta graduada de 50 ml.
- e) Frascos de Erlenmeyer de vidro resistente aos álcalis, com 300 ml de capacidade, um dos quais com rolha esmerilhada.
- f) Corpos de precipitação, de vidro resistente ao fogo, com 400 ml e 600 ml de capacidade.
- g) Funis de vidro, um dos quais de boca larga.
- h) Termómetro graduado em graus centígrados.
- i) Balão de esguicho e vareta de vidro.
- j) Cadinho de fundo filtrante de porosidade G₄.
- k) Papel de filtro de poros médios.

16.5 — Técnica.

a) Deitam-se num frasco de Erlenmeyer, com uma pipeta, 100 ml de água destilada e coloca-se o frasco na estufa a 40°C durante cerca de uma hora.

Retira-se o frasco da estufa, introduzem-se-lhe, com o auxílio do funil de boca larga, 20 g da mistura de cimento e pozolana a ensaiar, tapa-se imediatamente com uma rolha de borracha ou de cortiça parafinada, agita-se enérgicamente durante 20 s, para desfazer os grumos de cimento que se tenham formado, e coloca-se de novo o frasco na estufa a 40°C, tendo o cuidado de assegurar que o fundo fique horizontal, para que a camada de cimento nele assente tenha espessura uniforme.

O conjunto de operações realizadas com o frasco fora da estufa não deve demorar mais de dois a três minutos para evitar um abaixamento sensível da temperatura do conteúdo do frasco.

b) Ao fim de sete dias filtra-se pelo cadinho de fundo filtrante para o frasco de Erlenmeyer com rolha esmerilhada, o qual se tapa e se deixa arrefecer até à temperatura ambiente.

Transferem-se, com a pipeta, 50 ml de sóluto para o copo de 400 ml, juntam-se duas gotas de sóluto indicador de alaranjado de metilo e titula-se com ácido clorídrico 0,1 N até o sóluto tomar a cor vermelha.

c) Alcaliniza-se com hidróxido de amónio (1:1), aquece-se até à ebulição, juntam-se cerca de 30 ml de sóluto de oxalato de amónio quente e deixa-se assentar o precipitado durante cerca de 20 minutos.

Filtra-se por filtro de poros médios para o copo de 600 ml e lava-se o precipitado oito a dez vezes com água fria, de modo que o volume total de água utilizada não exceda 75 ml.

d) Passa-se o filtro com o precipitado para o copo onde se acabou de fazer a precipitação, junta-se água quente e dilui-se o precipitado. Com o auxílio da vareta retira-se do líquido o papel de filtro e espalha-se de modo a ficar aderente à parede interior do copo.

Ao mesmo tempo que se segura nessa posição, lava-se o papel de filtro com água, vasa-se no copo água quente até se perfazerem cerca de 200 ml, juntam-se 10 ml de ácido sulfúrico (1:1), aquece-se quase até à ebulição

e, depois de o precipitado se dissolver, deixa-se arrefecer até uma temperatura entre 60°C e 80°C e titula-se com sóluto de permanganato de potássio 0,05 N.

16.6 — Resultado.

16.6.1 — Cálculos.

16.6.1.1 — A partir das medições feitas calculam-se, como se indica, os valores das seguintes grandezas:

a) Teor em álcalis.

Sendo:

V o volume, em mililitros, de sóluto ensaiado,
V' o volume, em mililitros, de ácido clorídrico gasto na titulação referida em 4 (b),
f o factor de normalidade do ácido clorídrico utilizado,

o teor em álcalis do sóluto, em milimoles de OH por litro, é

$$1000 \frac{V' f}{V}$$

b) Teor em óxido de cálcio:

Sendo:

V o volume, em mililitros, de sóluto ensaiado,
V' o volume, em mililitros, de sóluto de permanganato de potássio gasto na titulação referida em 4 (d),
f o factor de normalidade do sóluto de permanganato de potássio utilizado,

o teor em óxido de cálcio do sóluto, em milimoles por litro, é

$$500,7 \frac{V' f}{V}$$

16.6.1.2 — Marca-se no sistema de coordenadas oblíquas apresentado no gráfico da fig. 8 o ponto cujas abcissa e ordenada são dadas, respectivamente, pelos valores do teor em álcalis e teor em óxido de cálcio calculados.

16.6.2 — Apresentação.

O resultado do ensaio é expresso pelas palavras «positivo» ou «negativo», conforme o ponto marcado como se indica em 16.6.1.2 ficar ou não abaixo da curva traçada na fig. 8.

Ministério das Obras Públicas, 1 de Junho de 1960. — O Ministro das Obras Públicas, *Eduardo de Arantes e Oliveira*.

QUADRO I

Massa específica do mercúrio (ρ_m), viscosidade do ar (η) e valores de $\sqrt{\eta}$ a utilizar nos cálculos

Temperatura da sala (°C)	Massa específica do mercúrio (g cm ⁻³)	Viscosidade do ar (poises)	$\sqrt{\eta}$
16	13,56	0,0001788	0,01337
18	13,55	0,0001798	0,01341
20	13,55	0,0001808	0,01344
22	13,54	0,0001818	0,01348
24	13,54	0,0001828	0,01352
26	13,53	0,0001837	0,01355
28	13,53	0,0001847	0,01359
30	13,52	0,0001857	0,01362
32	13,52	0,0001867	0,01366
34	13,51	0,0001876	0,01369

Porosidades da camada (e) e valores de $\sqrt{e^3}$ a utilizar nos cálculos

QUADRO III

Tempos de escoamento do ar (t) e valores de $\sqrt{t}$ a utilizar nos cálculos

t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$	t	$\sqrt{t}$
26	5,10	41	6,40	56	7,48	71	8,43	86	9,27	101	10,05	131	11,45	161	12,69	191	13,82	222	14,90		
26,5	5,15	41,5	6,44	56,5	7,51	71,5	8,46	86,5	9,30	102	10,10	132	11,49	162	12,73	192	13,86	224	14,97		
27	5,20	42	6,48	57	7,55	72	8,49	87	9,33	103	10,15	133	11,53	163	12,77	193	13,89	226	15,03		
27,5	5,25	42,5	6,52	57,5	7,58	72,5	8,52	87,5	9,36	104	10,20	134	11,58	164	12,81	194	13,93	228	15,10		
28	5,29	43	6,56	58	7,62	73	8,54	88	9,38	105	10,25	135	11,62	165	12,85	195	13,96	230	15,17		
28,5	5,34	43,5	6,60	58,5	7,65	73,5	8,57	88,5	9,41	106	10,30	136	11,66	166	12,88	196	14,00	232	15,23		
29	5,39	44	6,63	59	7,68	74	8,60	89	9,43	107	10,34	137	11,70	167	12,92	197	14,04	234	15,30		
29,5	5,44	44,5	6,67	59,5	7,71	74,5	8,63	89,5	9,46	108	10,39	138	11,75	168	12,96	198	14,07	236	15,36		
30	5,48	45	6,71	60	7,75	75	8,66	90	9,49	109	10,44	139	11,79	169	13,00	199	14,11	238	15,43		
30,5	5,52	45,5	6,74	60,5	7,78	75,5	8,68	90,5	9,51	110	10,49	140	11,83	170	13,04	200	14,14	240	15,49		
31	5,57	46	6,78	61	7,81	76	8,72	91	9,54	111	10,54	141	11,87	171	13,08	201	14,18	242	15,56		
31,5	5,61	46,5	6,82	61,5	7,84	76,5	8,75	91,5	9,57	112	10,58	142	11,92	172	13,11	202	14,21	244	15,62		
32	5,66	47	6,86	62	7,87	77	8,77	92	9,59	113	10,63	143	11,96	173	13,15	203	14,25	246	15,68		
32,5	5,70	47,5	6,89	62,5	7,90	77,5	8,80	92,5	9,62	114	10,68	144	12,00	174	13,19	204	14,28	248	15,75		
33	5,74	48	6,93	63	7,94	78	8,83	93	9,64	115	10,72	145	12,04	175	13,23	205	14,32	250	15,81		
33,5	5,79	48,5	6,93	63,5	7,96	78,5	8,86	93,5	9,67	116	10,77	146	12,08	176	13,27	206	14,35	252	15,87		
34	5,83	49	7,00	64	8,00	79	8,89	94	9,70	117	10,82	147	12,12	177	13,30	207	14,39	254	15,94		
34,5	5,87	49,5	7,04	64,5	8,03	79,5	8,92	94,5	9,73	118	10,86	148	12,17	178	13,34	208	14,42	256	16,00		
35	5,92	50	7,07	65	8,06	80	8,94	95	9,75	119	10,91	149	12,21	179	13,38	209	14,46	258	16,06		
35,5	5,96	50,5	7,10	65,5	8,09	80,5	8,97	95,5	9,78	120	10,95	150	12,25	180	13,42	210	14,49	260	16,12		
36	6,00	51	7,14	66	8,12	81	9,00	96	9,80	121	11,00	151	12,29	181	13,45	211	14,53	262	16,19		
36,5	6,04	51,5	7,18	66,5	8,16	81,5	9,03	96,5	9,83	122	11,09	152	12,33	182	13,49	212	14,56	264	16,25		
37	6,08	52	7,21	67	8,19	82	9,06	97	9,85	123	11,09	153	12,37	183	13,53	213	14,59	266	16,31		
37,5	6,12	52,5	7,24	67,5	8,22	82,5	9,09	97,5	9,88	124	11,14	154	12,41	184	13,56	214	14,63	268	16,37		
38	6,16	53	7,28	68	8,25	83	9,11	98	9,90	125	11,18	155	12,45	185	13,60	215	14,66	270	16,43		
38,5	6,20	53,5	7,31	68,5	8,28	83,5	9,14	98,5	9,93	126	11,22	156	12,49	186	13,64	216	14,70	272	16,49		
39	6,24	54	7,35	69	8,31	84	9,17	99	9,95	127	11,27	157	12,53	187	13,67	217	14,73	274	16,55		
39,5	6,28	54,5	7,38	69,5	8,34	84,5	9,20	99,5	9,98	128	11,31	158	12,57	188	13,71	218	14,76	276	16,61		
40	6,32	55	7,42	70	8,37	85	9,22	100	10,00	129	11,36	159	12,61	189	13,75	219	14,80	278	16,67		
40,5	6,36	55,5	7,45	70,5	8,40	85,5	9,25	100,5	10,03	130	11,40	160	12,65	190	13,78	220	14,83	280	16,73		

Resumo dos regulamentos

Propriedades	Alemanha — DIN 51043	Espanha	Itália
Tipos	Trass (produto natural)	—	Enérgicas e fracas
Finura: Resíduo nos peneiros: 5 mm 900 malhas (0,2 mm) 4900 malhas (88 μ) N.º 325 (44 μ)	— $\leq 20\%$ — —	— — $\leq 12\%$ —	0% — — —
Superfície específica (Blaine)	—	—	—
Composição química e especificações de natureza química.	A água de hidratação deve ser igual ou maior do que 7%, sendo tolerável 6%, desde que satisfaça nas resistências.	$SiO_2 \geq 45\%$ H_2O Comb. $\geq 5\%$ $SO_3 \leq 1\%$ Al_2O_3 14% a 22% $MgO \leq 10\%$ $CaO \leq 12\%$	Resíduo $\leq 40\%$ no ataque pelo <i>ClH</i> seguido pelo ataque por uma solução de <i>KHO</i> .
Especificação para a cal: Composição química Finura	É definida a origem geográfica do calcário a partir do qual se fabrica a cal. Deve passar toda através do peneiro de 900 malhas por centímetro quadrado.	$CaO \geq 95\%$ —	$CaO \geq 94\%$ Deve passar toda através do peneiro de 900 malhas por centímetro quadrado.
Composição da argamassa ou da pasta para ensaio de resistência: Areia Pozolana Cal Consistência	Definida pela sua origem Entre 1,38 mm e 0,78 mm 1,5 partes 1 parte 0,8 partes Seca, batida	— — — 3 partes 1 parte Normal	— — — 3 partes 1 parte Normal
Presa, em pasta de cal	—	A agulha de Vicat não deverá penetrar mais de 7 mm ao fim de 7 dias.	A agulha de Vicat não deverá penetrar mais de 7 mm ao fim de 7 dias, no caso das pozolanas enérgicas, nem mais de 10 mm no caso das fracas.
Espécimes de tracção	Oitos de Michaëlis	Oitos de Michaëlis	Oitos de Michaëlis
Espécimes de compressão	Cubos de 7,07 cm de aresta	—	Cubos de 7,07 cm de aresta
Ensaio com cimento	—	—	—

estrangeiros sobre pozolanas

Rússia — Gost 6269 - 54	Estados Unidos da América		
	Utilização na betoneira — A. S. T. M. C402 - 58 T	Utilização no cimento pozolânico	
		A. S. T. M. — C340 - 58 T	Federal
Naturais e subprodutos resultantes de diferentes fabricações. Diatomites, cinzas vulcânicas e tufos vulcânicos, subprodutos siliciosos obtidos da extração de alumina das argilas, resíduos de calcinação de xistos betuminosos e carboníferos, escórias, cinzas, etc.	Naturais e artificiais	O fabricante do cimento pozolânico deve declarar a origem, a composição e a quantidade da pozolana que entra no cimento. A percentagem de pozolana não deverá variar mais de $\pm 5\%$ do valor referido.	P — Argilas, xistos, diatomites, tufos, cinzas vulcânicas, pumicites. F — Cinzas volantes.
— — — — —	— — — $\leq 12,0\%$ Diâmetro médio das partículas 9,00	— — — $\leq 12\%$ —	— — — $\leq 12\%$ $\geq 3000 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$
A reactividade é medida pela redução de CaO de uma solução saturada de CaO mantida em contacto com a pozolana (quantidade de CaO, em miligramas absorvida por 1 g de pozolana ao fim de 30 dias). Esta quantidade é variável e conforme a natureza da pozolana (há 6 limites diferentes). No caso das cinzas, a perda ao fogo não deve exceder 15%. O teor de SO_3 deve ser $\leq 3\%$.	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 70,0\%$ $\text{MgO} \leq 5,0\%$ $\text{SO}_3 \leq 3,0\%$ Perda ao rubro $\leq 10,0\%$ Teor de humidade $\leq 3,0\%$	Deve reduzir de 40% a alcalinidade de uma solução N de NaOH ao fim de 24 horas a $80^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Deve reduzir de 75% a expansão de uma argamassa de cimento rico em alcalis e de vidro <i>pirex</i> .	—
— —	— —	$\text{CaO} \geq 70\%$ $\text{MgO} \leq 5\%$ Resíduo no peneiro n.º 325 $\leq 15\%$	— —
— — — — —	Definida pela sua origem Entre 1,39 mm e 0,149 mm 9 partes 2 partes 1 parte —	Definida pela sua origem Entre 1,39 mm e 0,149 mm 9 partes 2 partes 1 parte —	Deve contribuir para a resistência da argamassa do seguinte modo: Para o tipo P a tensão de rotura da argamassa a 28 dias deve ser 75% da tensão de rotura da argamassa de controle, e para o tipo F deve ser 85%.
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	Cilindros de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura curados 24 horas a 23°C e 6 dias a 55°C .	—
—	(Ver relatório)	—	—

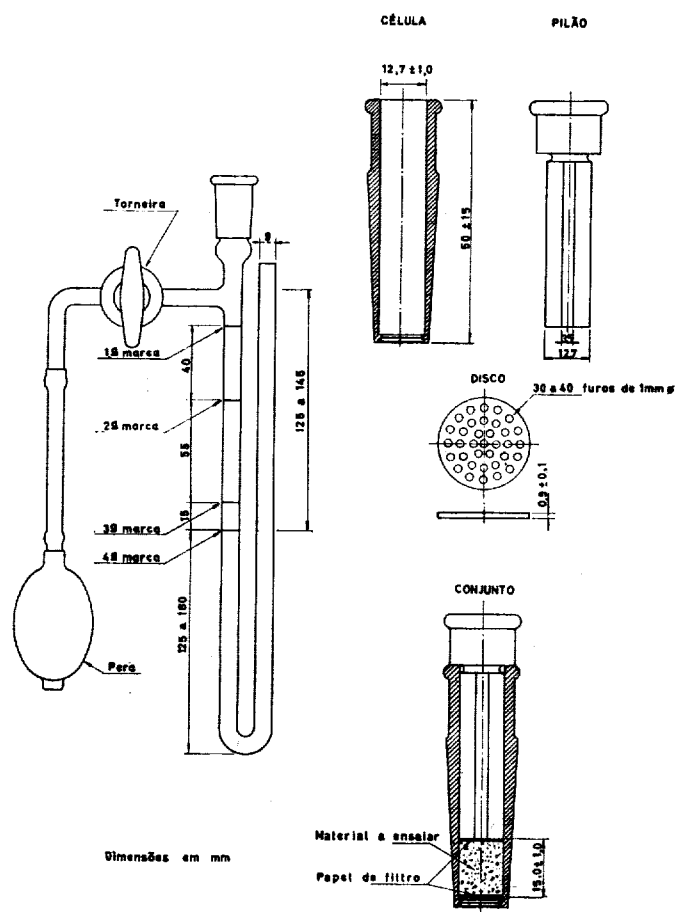


FIG. 1
Permeabilímetro de Blaine

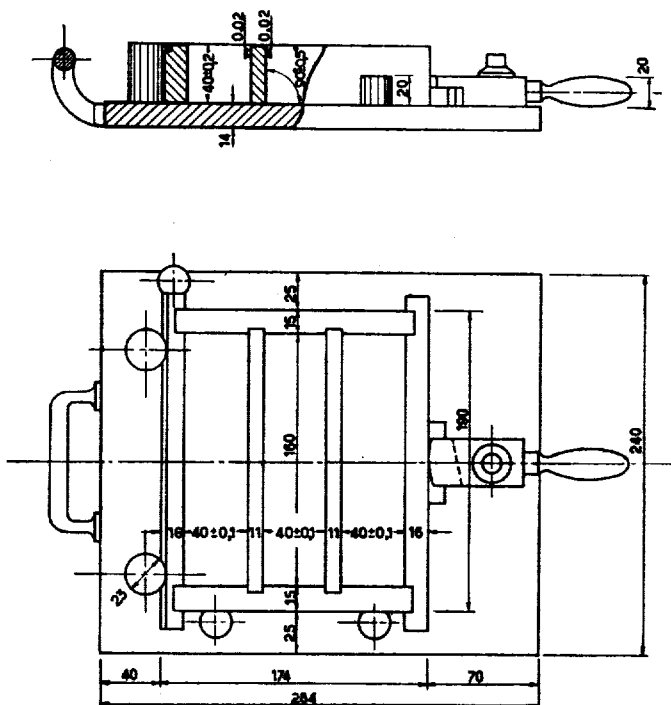


FIG. 3-A
Moldes para o fabrico de prismas
com 4 cm x 4 cm x 16 cm

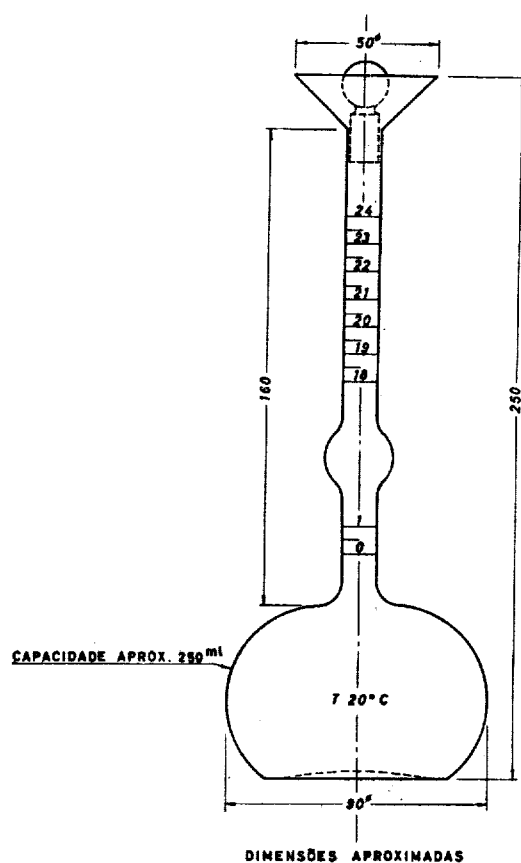


FIG. 2
Densímetro de le Châtelier

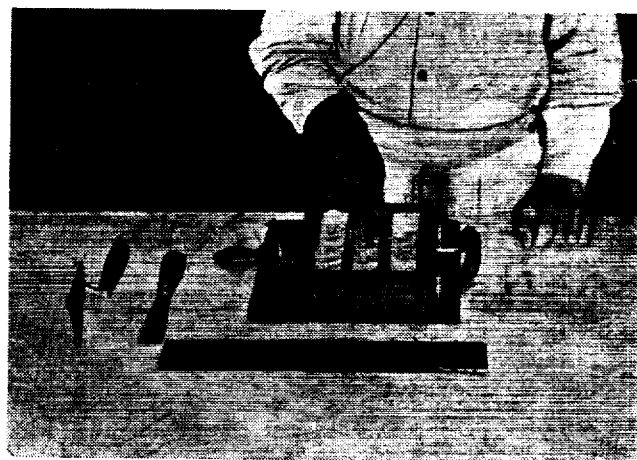


FIG. 3-B
Fabricação de prismas com 4 cm x 4 cm x 16 cm

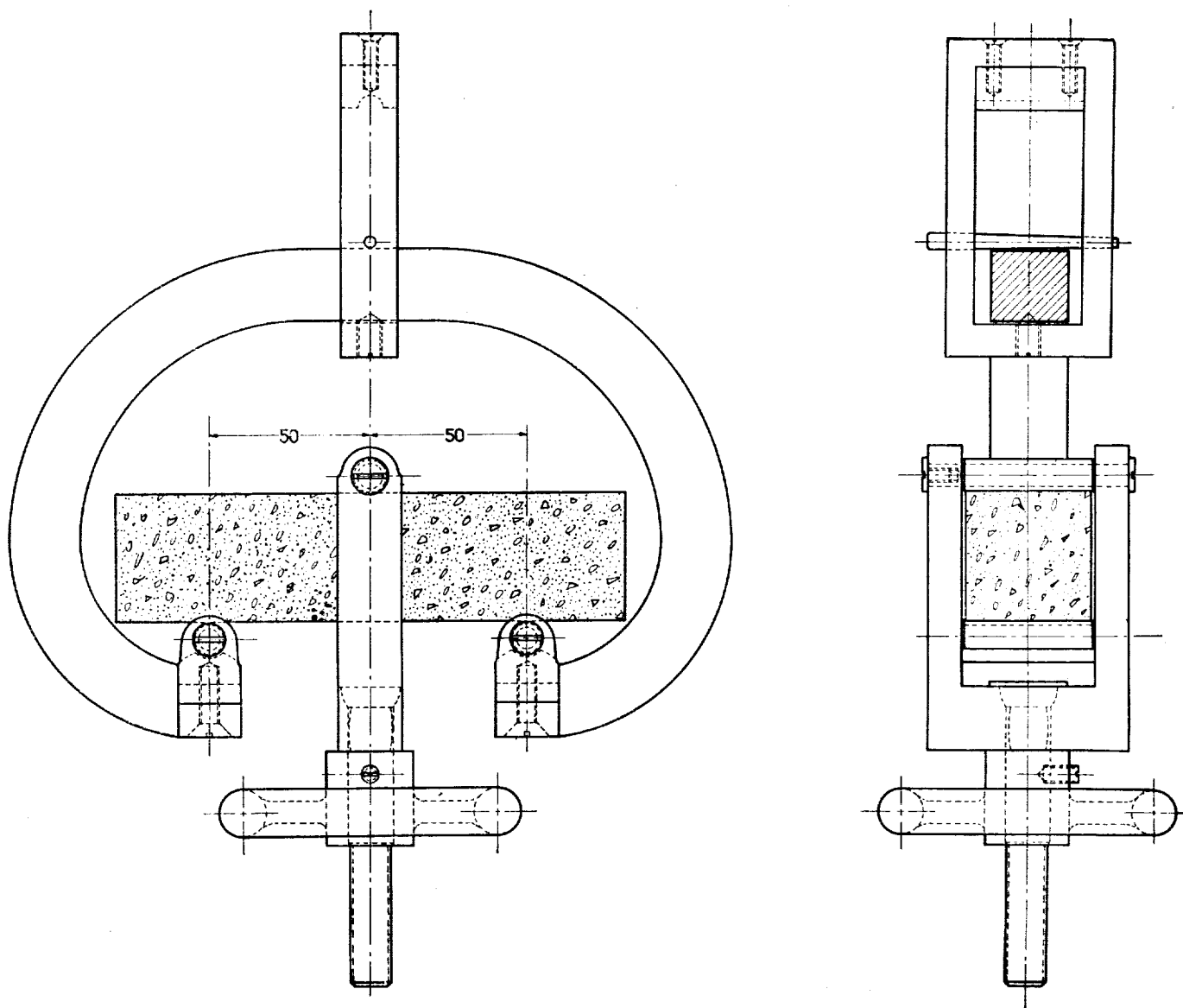


Fig. 4-A

Acessório para o ensaio de flexão

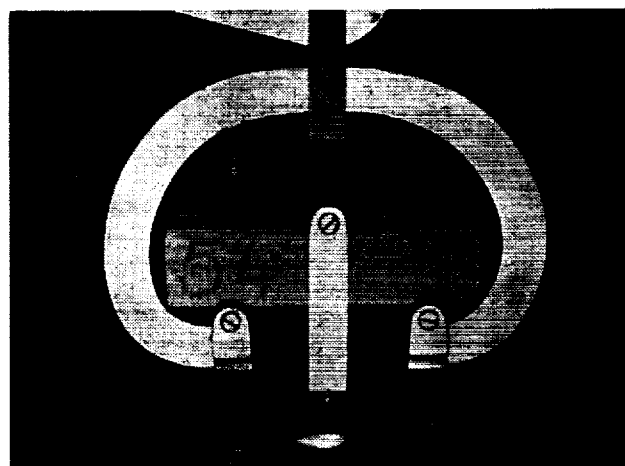
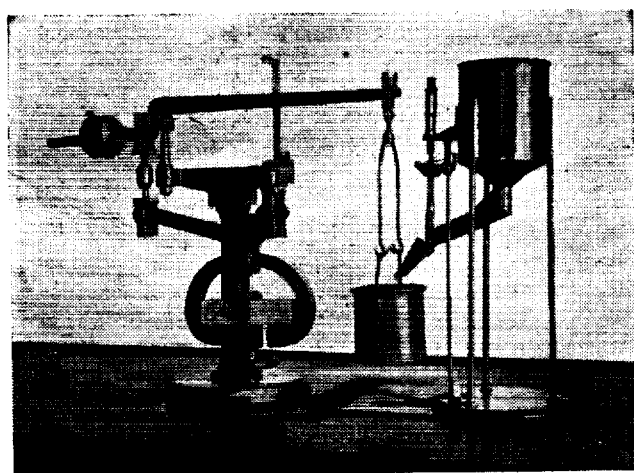


Fig. 4-B

Ensaio de flexão de prismas

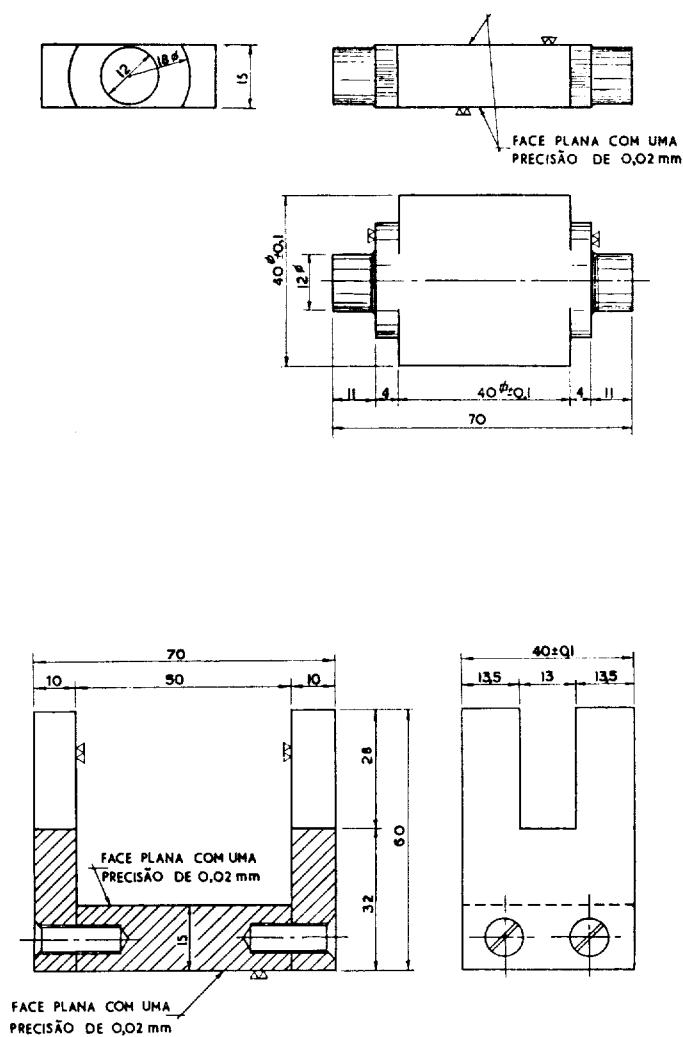


Fig. 5-A

Acessório para o ensaio de compressão

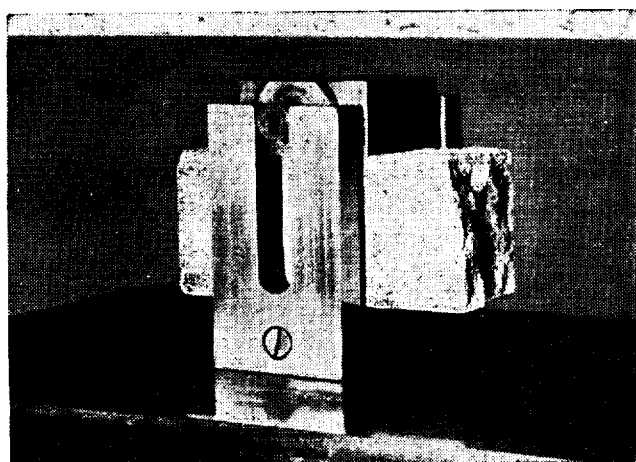


Fig. 5-B

Acessório para o ensaio de compressão

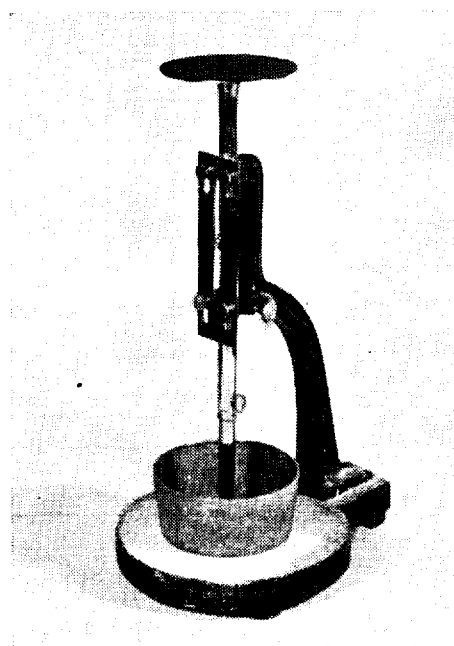


Fig. 6

Aparelho de Vicat

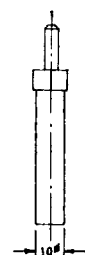


Fig. 7

Sonda de consistência

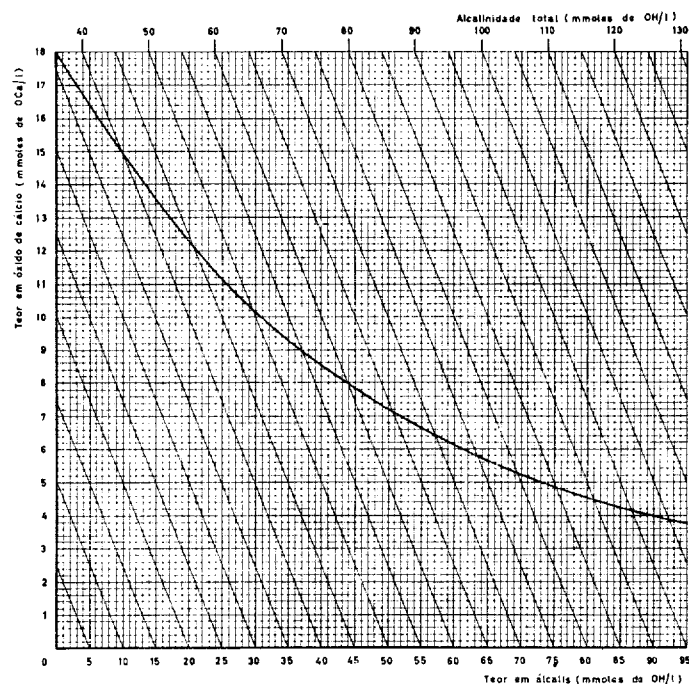
SOLUBILIDADE DO Ca(OH)_2 EM PRESENÇA DOS ÁLCALIS A 40°C 

Fig. 8

Ensaio de pozolanicidade

ANEXO

Directrizes para a utilização de pozolanas

1 — Introdução.

O conhecimento que actualmente se possui das características e comportamento das pozolanas permite admitir a possibilidade da sua utilização das seguintes maneiras:

- a) Mistura com cal aérea;
- b) Mistura com cal aérea e cimento *portland* normal;
- c) Mistura com cimento *portland* normal na betoneira;
- d) Mistura e moedura conjunta com o clínquer de cimento *portland* normal para o fabrico de cimento pozolânico.

Nalgumas destas modalidades de aplicação há, porém, que rodear de certas cautelas o emprego das pozolanas. Nuns casos, como seja o do emprego de cal aérea e pozolana no fabrico de argamassas e betões, é a própria natureza dos materiais utilizados que impõe certas restrições. Noutros casos, como seja a mistura com cimento na betoneira para o fabrico de betões destinados a estruturas de betão armado, os cuidados a ter são impostos sobretudo pela falta de experiência adquirida em obras em que a pozolana tenha sido aplicada desta maneira e pelas deficientes condições em que muitas vezes os betões são preparados nas obras correntes de construção civil.

A necessidade de evitar insucessos por indevida aplicação das pozolanas, cujo emprego se procura fomentar, atendendo aos benefícios técnicos e económicos que dele podem advir, obriga a definir directrizes que orientem as futuras aplicações deste produto. Essas directrizes, que se apresentam a seguir, têm carácter provisório e serão alteradas à medida que a experiência colhida em tais aplicações o aconselhe.

2 — Tipo de pozolana a utilizar.

Compete ao utilizador escolher o tipo de pozolana a empregar, em face das condições particulares da obra a que ela se destina.

Nos casos correntes pode utilizar-se pozolana de qualquer dos tipos previstos no caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas, mas em casos especiais, como quando o abaixamento do calor de hidratação ou a resistência do betão assumam especial importância, poderá ser necessário o emprego de pozolana do tipo 1.

3 — Aplicação da pozolana.

Salvo se houver disposições em contrário no parecer de homologação da pozolana a utilizar, o seu emprego pode ser feito nas condições que se indicam a seguir.

3.1 — Mistura com cal aérea.

a) A pozolana que satisfaça ao caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas pode empregar-se misturada com cal aérea no fabrico de argamassas e betões;

b) A mistura da cal com a pozolana far-se-á, em geral, na proporção de uma parte de cal aérea para três a cinco partes de pozolana, referida ao peso dos materiais secos; a água eventualmente introduzida pela pozolana na mistura deve ser tomada em conta na água de amassadura;

c) As argamassas e betões de cal aérea e pozolana só poderão empregar-se em condições em que se evite a sua secagem (obras submersas, obras em contacto com água, certas obras enterradas, etc.). Os betões de cal aérea e pozolana não poderão ser empregados em estruturas de betão armado.

3.2 — Mistura com cal aérea e cimento *portland* normal.

a) A pozolana que satisfaça ao caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas pode empregar-se misturada com cal aérea e cimento *portland* normal no fabrico de argamassas e betões.

b) As misturas da pozolana com a cal e o cimento far-se-ão nas proporções prescritas no parecer de homologação do emprego da pozolana para os diferentes tipos de utilização.

A proporção da mistura de cimento, cal e pozolana empregada no fabrico das argamassas e betões deve ser calculada em peso dos materiais secos; a água eventualmente introduzida pela pozolana na mistura deve ser tomada em conta na água de amassadura.

c) As argamassas e betões de cal aérea, cimento *portland* normal e pozolana podem empregar-se em obras em elevação. Os betões não poderão ser empregados em estruturas de betão armado.

3.3 — Mistura na betoneira com cimento *portland* normal.

a) A pozolana que satisfaça ao caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas pode empregar-se no fabrico de argamassas e betões misturada na betoneira com cimento *portland* normal que satisfaça às prescrições do caderno de encargos para o seu fornecimento e recepção (Decreto n.º 40 470, de 22 de Novembro de 1956).

b) A quantidade de pozolana convirá ser, em geral, metade do peso do cimento.

A proporção de mistura de cimento e pozolana empregada nas argamassas e betões deve ser calculada em peso dos materiais secos; a água eventualmente introduzida pela pozolana na mistura deve ser tomada em conta na água de amassadura.

c) Nos betões a empregar em obras sujeitas à acção de águas salinas a quantidade da mistura de cimento e pozolana deve obedecer aos valores mínimos especificados para a quantidade de cimento no anexo 1 das cláusulas especiais para o fornecimento e recepção do cimento *portland* destinado a obras sujeitas à acção de águas salinas (Decreto n.º 20 918, de 20 de Fevereiro de 1932).

d) As argamassas e betões feitos com mistura de cimento e pozolana podem ser aplicados nas condições correntes de utilização das argamassas e betões de cimento *portland* normal, excepto em estruturas de betão armado, em que só se poderá empregar betão de cimento e pozolana se se verificarem as condições referidas a seguir:

1.º O betão deve satisfazer todas as prescrições do Regulamento de Betão Armado (Decreto n.º 25 948, de 16 de Outubro de 1935, com as alterações introduzidas pelo Decreto n.º 33 021, de 2 de Setembro de 1943), entendendo-se que as dosagens de cimento nele referidas se aplicam à mistura de cimento e pozolana; deverá ainda satisfazer às especificações particulares de cada obra.

2.º O betão deve ser fabricado em betoneira.

3.º O fabrico e a aplicação do betão devem ser cuidadosamente controlados pelo engenheiro civil responsável da obra, de modo a garantir que só se faz a aplicação de betão com as características de homogeneidade e resistência convenientes.

4.º A desmoldagem dos elementos das estruturas deve ser feita tendo em atenção as resistências necessárias e a maior lentidão no endurecimento do betão; como regra nunca deverá desmoldar-se antes de decorridos os prazos fixados para os betões de cimento *portland* normal no artigo 62.º do Regulamento do Betão Armado.

5.º Os cuidados quanto à conservação das peças em estado húmido devem ser observados de modo especial, mantendo-se, pelo menos, durante os períodos constantes do mesmo regulamento.

3.4 — Fabrico de cimento pozolânico.

A pozolana que satisfaça ao caderno de encargos para o fornecimento e recepção de pozolanas pode ser empregada no fabrico de cimento pozolânico.

Ministério das Obras Públicas, 1 de Junho de 1960. — O Ministro das Obras Públicas, *Eduardo de Arantes e Oliveira*.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL

Secretaria-Geral

Decreto-Lei n.º 43 000

Segundo a mais corrente interpretação do artigo 21.º do Decreto-Lei n.º 26 115, de 23 de Novembro de 1935, a habilitação a exigir normalmente na nomeação para lugares do funcionalismo do Estado acima do grupo T é a do 5.º ano dos liceus ou equiparada.

Em face, porém, das disposições do Decreto n.º 29 992, de 21 de Outubro de 1939, a equiparação de habilitações, quer para efeito de prosseguimento de estudos, quer para admissão a cargos públicos, só pode ser declarada em termos genéricos, válidos para qualquer espécie de estudos ou para qualquer cargo público. Consequentemente, não é legalmente possível, ao proceder-se, para tal fim, à valorização de habilitações, tomar em consideração a índole especial dos estudos que os interessados se propõem seguir ou a natureza do serviço que são chamados a desempenhar.

Ora o Estado mantém, há muito, escolas diferenciadas, nas quais se ministram habilitações de conteúdos diversificados, segundo os campos de aplicação para que se orientam, compreendendo, por outro lado, os serviços públicos muitas actividades para as quais essas escolas fornecem preparação específica. Precisamente, o carácter especializado de algumas dessas habilitações é que obsta com frequência a que sejam genericamente equiparadas à do 5.º ano dos liceus. A aplicação do regime do citado Decreto n.º 29 992 à apreciação das habilitações a exigir ao funcionalismo mostra-se assim, muitas vezes, lesivo tanto dos interesses do Estado como dos direitos morais dos diplomados pelas escolas técnicas.

A disposição inicialmente referida do Decreto-Lei n.º 26 115 permite, porém, resolver satisfatoriamente

as dificuldades até agora verificadas, visto prever que para tais nomeações seja exigida a habilitação de um curso especial, em natural correspondência com a natureza das funções a desempenhar. Basta, para tanto, regulamentá-la em termos convenientes e em sentido concordante com as soluções parcelares já adoptadas por diversos serviços.

Assim o propõe a Junta Nacional da Educação.

O incremento verificado na frequência do ensino técnico profissional torna esta providência especialmente oportuna.

Nestes termos:

Usando da faculdade conferida na 1.ª parte do n.º 2.º do artigo 109.º da Constituição, o Governo decreta e eu promulgo, para valer como lei, o seguinte:

Artigo 1.º Nas nomeações para os lugares acima do grupo T da escala geral do funcionalismo do Estado, dos corpos administrativos e dos organismos para-estatais será exigida, nos termos do artigo 21.º do Decreto-Lei n.º 26 115, de 23 de Novembro de 1935, a habilitação de um curso especial sempre que a natureza das funções a desempenhar o justifique. Quando a lei o não indique, compete ao Conselho de Ministros determinar, em relação a cada cargo, mediante proposta do Ministro da Educação Nacional, ouvidos os serviços interessados e o Conselho Permanente da Acção Educativa, o curso ou cursos para tal efeito adequados, de entre os professados em escolas portuguesas.

Art. 2.º Com observância das formalidades previstas no artigo anterior, pode também o Conselho de Ministros declarar como habilitação suficiente para efeito de provimento em determinados cargos públicos, em paralelo com o curso geral dos liceus, o curso ou cursos do ensino técnico profissional que forneçam, para o efeito, preparação apropriada.

Art. 3.º Para conhecimento dos interessados e aplicação obrigatória pelos serviços, os despachos do Conselho de Ministros serão publicados no *Diário do Governo*.

Publique-se e cumpra-se como nele se contém.

Paços do Governo da República, 1 de Junho de 1960. — AMÉRICO DEUS RODRIGUES THOMAZ — *António de Oliveira Salazar* — *Pedro Theotónio Pereira* — *Arnaldo Schulz* — *João de Matos Antunes Varela* — *António Manuel Pinto Barbosa* — *Afonso Magalhães de Almeida Fernandes* — *Fernando Quintanilha Mendonça Dias* — *Marcello Gonçalves Nunes Duarte Mathias* — *Eduardo de Arantes e Oliveira* — *Vasco Lopes Alves* — *Francisco de Paula Leite Pinto* — *José do Nascimento Ferreira Dias Júnior* — *Henrique Veiga de Macedo* — *Henrique de Miranda Vasconcelos Martins de Carvalho*.