

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - U. F. P. B.

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - C. C. T.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL - D. E. C.

ALUNO = MIGUEL E. A. FILHO

MATRICULA. 851.1083/2

RELATÓRIO



Biblioteca Setorial do CDSA. Setembro de 2021.

Sumé - PB

## Í N D I C E

	Pág.
INTRODUÇÃO	01
OBJETIVOS	02
<u>CAPÍTULO I:</u>	03
Revisão Bibliográfica - Agregados para Concreto	04
Algumas Propriedades dos Agregados que Influenciam no Concreto	05
<u>CAPÍTULO II:</u>	08
Materiais Utilizados	09
<u>CAPÍTULO III:</u>	11
Ensaio Realizados	12
<u>CAPÍTULO IV:</u>	16
Apresentação dos Resultados	17
Análise dos Resultados	19
CONCLUSÃO	22
BIBLIOGRAFIA	23
ANEXO - ILUSTRAÇÕES	24

## I N T R O D U Ç Ã O

Este relatório faz um resumo do período de acompanhamento do aluno MIGUEL EMILIANO DE ARAÚJO FILHO aos trabalhos desenvolvidos pelo mestrando EDMILSON A. CAMPOS na fase de preparação de sua tese - uso de agregados alternativos na confecção de concretos.

Durante este período foram realizados vários ensaios visando a caracterização física dos agregados utilizados no trabalho - granito, seixo, calcário e laterita, obedecendo-se, para tanto, as normas que regem a execução dos mesmos.

Aos 11 de julho de 1988 começou a fase de acompanhamento dando início, por conseguinte, ao estágio que teve como supervisor o professor CARLOS ROBERTO VASCONCELOS. Para a execução dos ensaios previstos utilizou-se o Laboratório de Solos I da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Campina Grande.

## O B J E T I V O S

Esta pesquisa versa sobre a utilização de agregados não convencionais na confecção de concretos. Trata, por conseguinte, de um estudo físico, químico e mecânico dos agregados envolvidos no trabalho a fim de que no final possa ser feita uma avaliação técnica dos resultados.

Nesta estágio, dentro do que se propõe a pesquisa e levando-se em conta o período de acompanhamento, tem-se como objetivos primordiais a serem alcançados:

- Ampliação dos conhecimentos na área de laboratório, principalmente no tocante à realização de ensaios até então inéditos, complementando-os com os já executados na disciplina Materiais de Construção.
- Entrar em contato com novos tipos de agregados - laterita e calcário, e poder obter informações a cerca de seus comportamentos no que tange às propriedades físicas.
- Poder relacionar estes resultados com os obtidos com a utilização de agregados convencionais - granito e seixo, também usados na pesquisa.

CAPITULO I

-----

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

AGREGADOS PARA CONCRETOS

O concreto de cimento Portland constitui-se no material de construção mais difundido e utilizado em todo mundo. No decorrer dos últimos anos o concreto aboliu a pedra lavrada, o tijolo de barro cozido e a madeira da condição de elementos estruturais principais, colocando-os como acessórios na construção civil.

Nos dias atuais, tendo em vista que a utilização técnica de um material prende-se à relação custo-benefício, destaca-se facilmente a grande influência exercida pela distância entre a obtenção dos materiais (o porto, o depósito ou a jazida do agregado) e a obra.

Por outro lado, nas áreas em que há grande concentração populacional juntamente com um alto consumo de cimento por habitante, o problema da escassez de materiais (principalmente agregados) se agrava de maneira acentuada, chegando determinadas regiões a não disporem mais de agregados, sendo portanto necessário importá-lo.

É dentro desse contexto do confronto entre o aumento do consumo de combustível para o transporte até os centros urbanos devido ao fato de esgotamento de suas reservas nas suas proximidades e pelo também aumento do custo de produção desses materiais que se deve analisar a situação da exploração econômica e uso técnico dos agregados para concreto.

Como solução para parte desses problemas entra em ação o estudo minucioso que vários analistas vêm fazendo em busca de novas alternativas, sempre tentando reduzir os custos mantendo as propriedades fundamentais, principalmente as propriedades mecânicas.

Para isso, tem-se trabalhado com materiais alternativos, de fácil obtenção, abundantes na região em questão, a fim de analisá-los no tocante às suas respostas às principais características que um agregado deve possuir - resistência e durabilidade, para confecção de concretos também resistentes e duráveis.

O estudo desses materiais alternativos como agregado graúdo torna-se, pois, de relevante importância principalmente nas regiões norte do país carentes dos materiais convencionais.

Algumas propriedades dos agregados  
que influenciam no concreto

Qualquer partícula de agregado primitivamente fez parte de uma rocha que foi fragmentada por processos intempéricos e abrasivos naturais ou por britagem artificial. Sendo assim, seu comportamento na maioria das vezes depende das propriedades da rocha mãe, principalmente composição química e mineralógica, resistência, dureza, densidade real, etc. No entanto, existem também propriedades que independem da rocha de origem, como forma e tamanho, absorção, etc. Portanto, para se ter uma análise dos agregados cuja finalidade esteja voltada para utilização em concretos, faz-se necessário o estudo de muitas propriedades físicas dos mesmos no que tange ao efeito sobre o concreto, tanto fresco como no estado endurecido.

Absorção. A presença de poros (nos agregados) e suas características são de relevante importância para a análise das propriedades dos agregados. A porosidade, permeabilidade e absorção caminham juntas influenciando algumas propriedades do concreto, como por exemplo, a ligação dos agregados com a pasta de cimento. Essa influência torna-se clara visto que o agregado representa cerca de  $3/4$  do volume no concreto, e é evidente que sua porosidade, permeabilidade e absorção contribuem para as mesmas características no concreto.

Resistência. Caso um corpo de prova depois de rompido apresente a maioria dos agregados fraturados, significa que a resistência do agregado é mais baixa que a da mistura de concreto. Sendo assim, esses agregados só podem ser utilizados em concretos de baixa resistência.

Na maioria das vezes a resistência do agregado depende de sua composição, textura e estrutura. Assim, uma baixa resistência pode advir da fragilidade dos constituintes dos grãos, ou apresentando-se os grãos fortes, à fracas forças de ligação.

Rigidez. A rigidez de um agregado está relacionada à capacidade de manter constância de volume e resistir à deterioração quando submetido a processos de secagem-molhagem, gelo-degelo e aquecimento-resfriamento. O agregado é dito instável quando as variações de volume provocadas pelas passagens dos fatores mencionados causam o envelhecimento (deterioração) do concreto.

Forma e textura. A forma geométrica dos agregados apresenta grande importância como índice de qualidade dos concretos.

Afeta basicamente:

- Percentagem de vazios. Quanto mais arredondado o a

gregado, menor o índice de vazios.

- Segregação. Deve-se ter cuidado particular com concretos cujos agregados possuam forma arredondada, uma vez que a aderência entre os mesmos é menor que os agregados de forma angular.

- Para um mesmo fator água/cimento, a resistência é maior em concretos feitos com agregados angulares visto que, devido à sua forma, oferecem maior aderência.

- Mantendo-se a mesma trabalhabilidade, agregados arredondados necessitam de menor quantidade de água do que os agregados de forma angular.

Teor de umidade. É de suma importância no controle da trabalhabilidade e resistência. A água presente no agregado no momento da confecção do concreto deve ser levada em consideração sob pena de se trabalhar com uma quantidade acima do previsto, afetando a resistência.

Impurezas orgânicas. Estão presentes mais frequentemente nas areias do que nos materiais grossos. São resultado, basicamente, da decomposição de materiais vegetais. Agem interferindo na cura ou endurecimento do cimento. Agregados possuindo grande quantidade desses materiais não apresentarão desempenho satisfatório em sua utilização, uma vez que as impurezas interferem na reação química de hidratação.

Materiais pulverulentos. Esses materiais agem em forma de camadas na superfície do agregado dificultando a ligação pasta-agregado, bem como absorvem parte da água de amassamento destinada a hidratação do cimento. Com isso, tende-se a aumentar a quantidade de água, diminuindo a resistência do concreto.

CAPITULO II

-----

## MATERIAIS UTILIZADOS

Neste capítulo faz-se uma breve descrição dos materiais utilizados, identificando-se a jazida e sua localização no estado da Paraíba.

Inicialmente, vale salientar que para efeito de se trabalhar com os materiais na mesma faixa granulométrica (agregado graúdo), todos os materiais foram selecionados de forma a se colocarem na graduação 2 (ABNT: NBR 7211), eliminando-se, desta forma, um fator dispersante entre os agregados.

### Areia

Como agregado miúdo foi utilizada areia do rio Paraíba, cuja composição granulométrica foi determinada de acordo com a ABNT: NBR 7211, e de acordo com seu módulo de finura classifica-se como areia média.

### Laterita

O material laterítico foi obtido da jazida localizada na praia da Penha, a 14 Km de João Pessoa. Ver fig. 1.

### Calcário

O calcário foi obtido da jazida próxima à Penitenciária do Roger, a 4 Km de João Pessoa. Ver fig. 2.

### Seixo

O seixo foi coletado da localidade Gramame, a 31 Km de João Pessoa. Ver fig. 3.

Granito

A brita granítica veio da pedreira da ATECEL, localizada no sítio Cardoso, a 7 Km do centro de Campina Grande. Ver fig. 4.

CAPITULO III

-----

## ENSAIOS REALIZADOS

Com a obtenção dos materiais (areia, laterita, calcário, granito e seixo) e o respectivo envio dos mesmos ao laboratório, foi possível iniciar a etapa de realização dos ensaios de caracterização física dos agregados.

A princípio, como já foi mencionado, os agregados graúdos foram colocados na graduação 2, separando-se as frações de cada agregado em sacos de onde foram obtidas as amostras para realização dos ensaios.

### Densidade real

Realizou-se em conformidade com as recomendações do método de ensaio da ABNT: NBR 6458. Procederam-se três determinações, aceitando-se como verdadeiras quando se enquadravam dentro das variações que o método especifica. Considerou-se como resultado a média aritmética das determinações. A massa específica real inclui os vazios impermeáveis e exclui os vazios permeáveis e os vazios entre os grãos.

### Absorção

Procedeu-se de acordo com o que é recomendado pela ABNT: NBR 6458. Calcula-se, pois, a capacidade que o agregado possui de absorver água após um determinado período de imersão.

### Peso unitário - Estado solto

O peso unitário em estado solto foi determinado segundo a ABNT: NBR 7251. O peso unitário inclui os vazios permeáveis e impermeáveis bem como os vazios entre os grãos.

#### Peso unitário - Estado compactado

O peso unitário em estado compactado foi determinado de acordo com a ABNT: NBR 7810.

#### Massa específica aparente

Foi determinada de acordo com a ABNT: NBR 6458. A massa específica aparente inclui os vazios permeáveis e impermeáveis e exclui os vazios entre os grãos.

#### Desgaste - Los Angeles

Neste ensaio calcula-se o desgaste sofrido pelo agregado quando colocado na máquina "Los Angeles" juntamente com uma carga abrasiva e logo em seguida submetido a um determinado número de revoluções. Foi realizado seguindo o método da ABNT:NBR 6185. No ensaio foi adotada a graduação B, uma vez que era a mais próxima da graduação utilizada. (Fig.5 aparelho Los Angeles - anexo)

#### Teor de materiais pulverulentos

Considera-se como material pulverulento todo material (terra, argila ou outros materiais não argilosos) de partículas menores que 0,075 mm presentes nos agregados. Foi realizado de acordo com a ABNT: NBR 7219.

#### Teor de torrões de argila presentes no agregado

Neste ensaio determina-se de maneira aproximada o teor de argila em torrões que eventualmente possa existir nos agregados. Foi realizado de acordo com a ABNT: NBR 7218

### Esmagamento

Procedeu-se de acordo com a norma prescrita pelo DNBR-ME 42-71. Determina-se a resistência do agregado ao esmagamento (Fig.6 Aparelho de esmagamento - anexo).

### Índice de forma

Foi realizado de acordo com a norma prescrita pelo DNBR-ME 86-64. Determina-se a variação dos eixos multidirecionais das partículas que formam o agregado. Utilizou-se a graduação C para obtenção das amostras pelo fato da mesma se enquadrar melhor dentro da graduação dos agregados.

### Impacto - Tenacidade

É a resistência do agregado a um choque súbito que em alguns casos difere da resistência a uma carga compressiva lenta ( esmagamento). Não se conseguiu uma bibliografia especializada no tocante à normalização do método, sendo realizado, por conseguinte, através de texto publicado sobre a matéria, porém sem referência (Fig.7 Aparelho de impacto - anexo).

### Ensaio adicional

#### Desgaste - Agregados saturados

Seguiu-se a mesma norma prescrita pela ABNT para agregados em estado seco, apenas divergindo no que se refere à colocação do material em estufa após a realização do ensaio para que em seguida pudessem ser efetuados o peneiramento e os cálculos.

Esmagamento - Agregados saturados

Realizou-se seguindo a mesma norma do DNER para agregados em estado seco, verificando-se também a secagem em estufa do material antes da fase de peneiramento.

Caracterização do agregado  
miúdo

Massa específica real - Frasco de Chapman

Determinou-se a massa específica real do agregado miúdo utilizando-se o método do frasco de Chapman.

Peso unitário - estado solto

Realizou-se conforme a norma da ABNT: NBR 7251.

Granulometria

A granulometria do agregado miúdo foi feita segundo a norma da ABNT: NBR 7217, constando o resultado do módulo de finura, diâmetro máximo e curva granulométrica característica.

Inchamento

Inchamento é o aumento do volume aparente do agregado miúdo devido a presença da água, responsável pelo afastamento dos grãos da areia. Foi realizado seguindo a ABNT: MB 215.

CAPITULO IV

-----

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta capítulo faz-se a apresentação dos valores encontrados quando da realização dos ensaios já mencionados para caracterização dos índices físicos relativos aos agregados utilizados na pesquisa.

propriedades	Granito	Seixo	Laterita	Calcário
agregados				
Massa Aparente - Kg/m <sup>3</sup>	2.740	2.620	2.390	2.220
Massa Unitária Estado Solto - Kg/m <sup>3</sup>	1.410	1.570	1.240	1.260
Massa Unitária Estado Compactado - Kg/m <sup>3</sup>	1.480	1.640	1.330	1.320
Massa Específica Real - Kg/m <sup>3</sup>	2.760	2.640	2.820	2.640
Absorção - %	0,34	0,28	6,41	7,10
Los-Angeles - Agregados Normais - %	19	32	49	57
Los-Angeles - Agregados Saturados - %	-	-	35	47
Resistência ao Esmagamento - Agreg. Normais - %	73,39	73,34	47,09	62,38
Resistência ao Esmagamento - Agreg. Saturados - %	-	-	43,1	38,9
Teor de Materias Pulverulentos - %	0,26	0,06	2,38	3,48
Torrões de Argila - %	0	0	0	0
Índice de Vazios - %	0,72	0,76	15,25	15,91

Quadro I: Caracterização dos Agregados Graúdos

### ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse dos valores relativos às propriedades físicas dos agregados utilizados, faz-se necessária uma análise destes dados sob a forma comparativa e isoladamente.

- Massa específica: Todos os agregados são considerados normais ( $2.200 \text{ Kg/m}^3 < \gamma < 3.200 \text{ Kg/m}^3$ ). O calcário, juntamente com o seixo, apresentaram os valores mais baixos. Já a laterita revelou o maior valor o que, quando comparado com a brita granítica, nos dá uma diferença de aproximadamente  $60 \text{ Kg/m}^3$ .

- Absorção: Como já era de se esperar, laterita e calcário, este último principalmente, demonstraram um alto poder de absorção quando comparados com a brita e o seixo. Conseqüentemente, deverá existir uma preocupação no desenvolver dessa pesquisa com relação aos efeitos que esta absorção poderá trazer ao concreto. É por esse motivo que em algumas pesquisas envolvendo agregado laterítico desenvolveu-se a etapa de imersão dos agregados antes de sua utilização com a finalidade de diminuir os efeitos causados pela absorção. Está comprovado, porém, que a capacidade máxima de absorção do agregado (7,1% para o calcário e 6,41% para a laterita) não é a que realmente ocorre quando da colocação dos mesmos em contato com a argamassa, visto que a partir deste momento, forma-se uma camada em torno do agregado diminuindo sua absorção. Portanto, a absorção real dos agregados é um fator importante a se determinar.

- Los Angeles: Neste ensaio, os agregados laterita e calcário mostraram uma resistência à carga abrasiva bem inferior a dos agregados convencionais. Ambos apresentaram valores de 49% e 57% de desgaste, respectivamente, bem superior, por exemplo, a brita com 19%. Para este ensaio a especificação é para valores menores ou iguais a 50%.

- Resistência ao esmagamento: Este ensaio, caracterizado por uma carga compressiva agindo sobre o agregado, demonstrou serem a laterita e o calcário agregados que apresentam resistências inferiores quando comparados à brita e ao seixo.

Os valores obtidos para os ensaios Los-Angeles e Resistência ao esmagamento, levando-se em conta apenas estas características físicas, a priori não inviabilizam a utilização dos agregados laterita e calcário na confecção de concretos. Porém, leva-nos a crer que sua utilização fica restrita ao campo dos concretos de resistências moderada a baixa.

- Índice de vazios: A laterita e o calcário apresentaram índice de vazios elevado, o que demonstra serem agregados porosos. Por conseguinte, como o agregado compõe a maior parte da massa de concreto, há uma tendência do concreto também ser poroso.

- Materiais pulverulentos: Se tomarmos como base as especificações referentes aos agregados convencionais, tanto a laterita como o calcário estariam além do limite especificado (1,0% para seixo e 1,5% para brita). As consequências de um alto valor para a percentagem de materiais pulverulentos são sentidas através da formação de uma camada envolvendo o

agregado, impedindo-o de entrar em contato com o aglomerante mais diretamente, além de absorver parte da água destinada à hidratação do cimento.

## C O N C L U S ã O

Esta etapa da pesquisa em que houve a caracterização dos agregados quanto às suas propriedades físicas, revelou a necessidade de se trabalhar mais profundamente a questão da utilização de agregados não convencionais no preparo de concretos, visto que a laterita e o calcário, em alguns casos, mostraram certas particularidades que estariam fora dos padrões de qualidade no que se refere aos agregados convencionais.

No entanto, o estudo de alternativas que busquem agilização e minimização do processo construtivo deve sempre existir, mesmo sabendo que para padrões mais sofisticados, os agregados convencionais continuarão por um certo período de tempo a dominarem o mercado da construção civil.

BIBLIOGRAFIA

- NEVILLE, Adam M.. Propriedades do Concreto.  
Tradução: Salvador E. Giammusso.  
Ed. PINI - 1ª edição. 1982.
- PETRUCCI, Eladio G. R.. Concreto de Cimento  
Portland. Ed. Globo - 11ª edição. 1987.
- NETO, Bernardo Borges Pompeu. Um estudo sobre  
as propriedades de resistência mecânica  
de concreto laterítico. UFPB - 1976.  
Tese M.Sc.
- BUCHER, Hans Roman Edmundo. Engenheiro Chefe  
do Departamento de Cimento da Associação  
Brasileira de Cimento Portland - ABCP.  
Texto: Agregados para Concreto.
- CALDEIRA, Pedro Chaves. Mestre em Engenharia  
EPUSP - 1985. Prof. Adjunto Deptº Eng.  
das Construções da Univ. Est. Maranhão.  
Texto: Uso de Laterita para Concreto.

A N E X O

I L U S T R A Ç Õ E S

Fig. 1: Material laterítico utilizado na pesquisa.

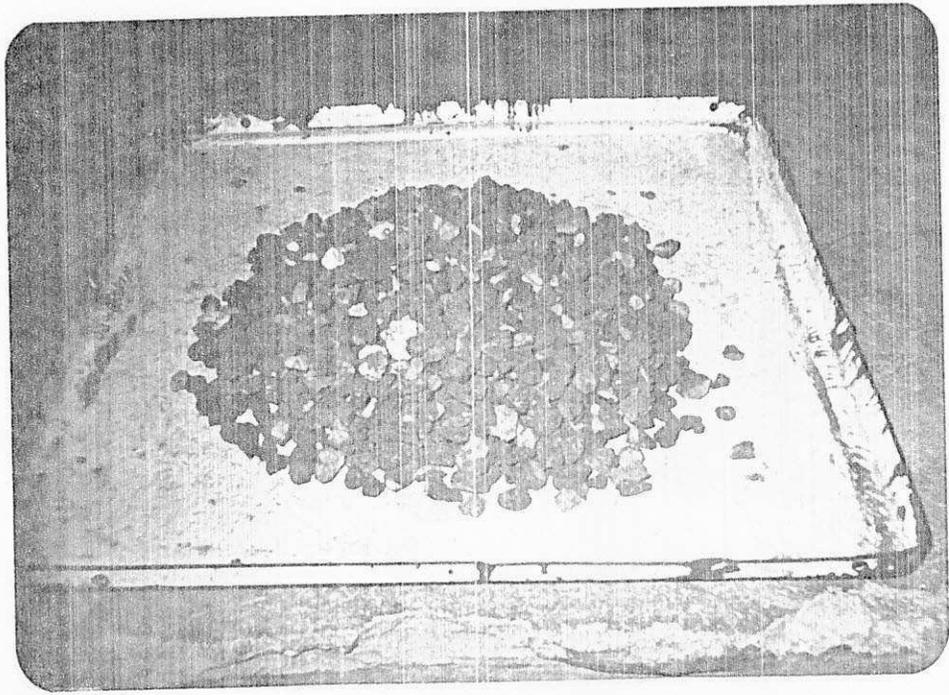


Fig. 2: Brita de origem calcárea utilizada  
na pesquisa

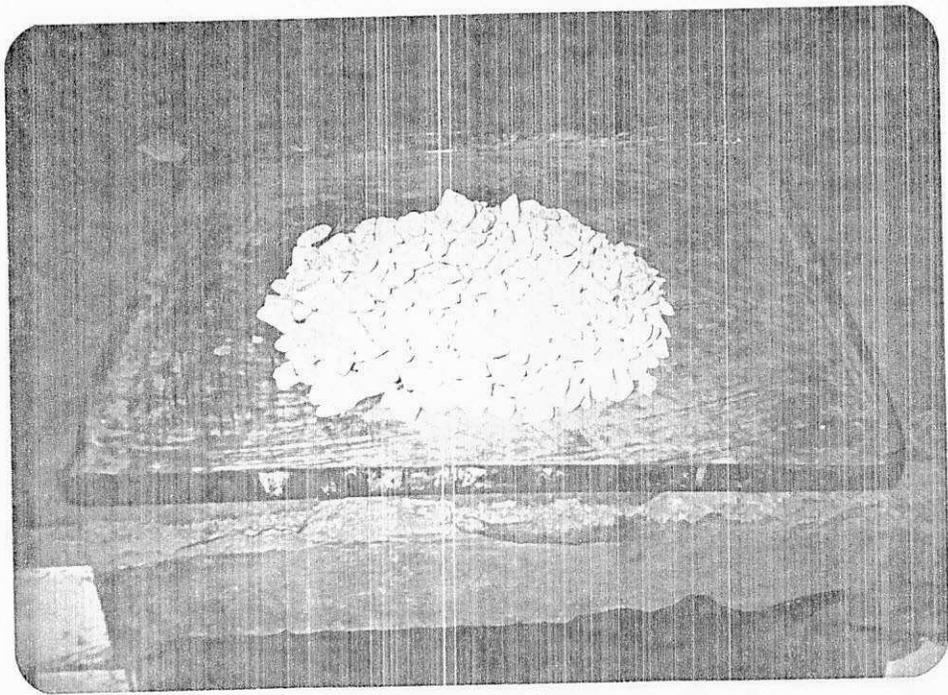


Fig. 3: Seixo originado da bacia do Rio Gramame.

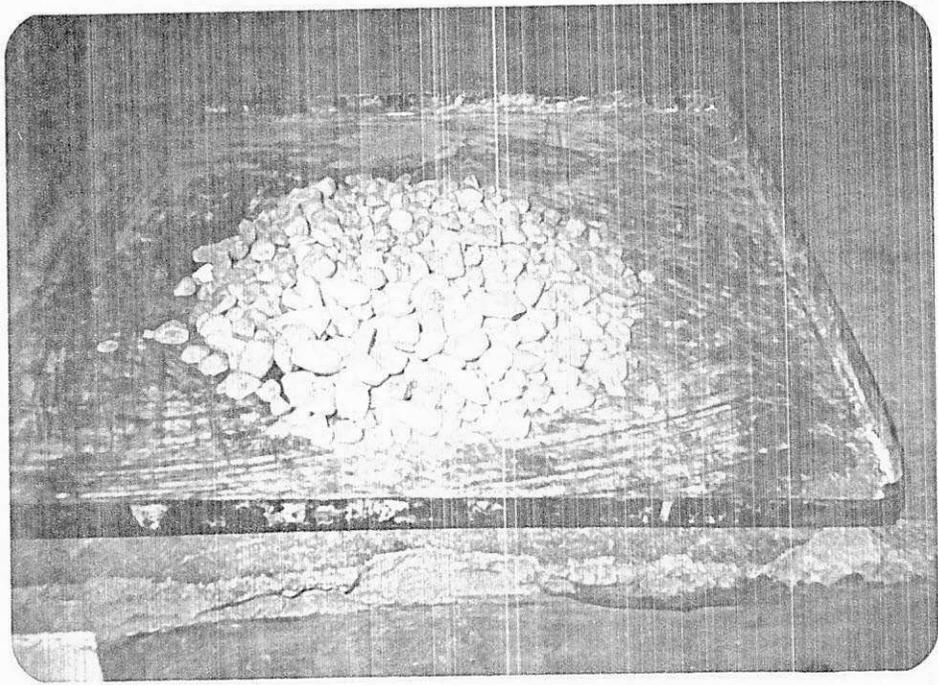


Fig. 4: Brita granítica utilizada na pesquisa.

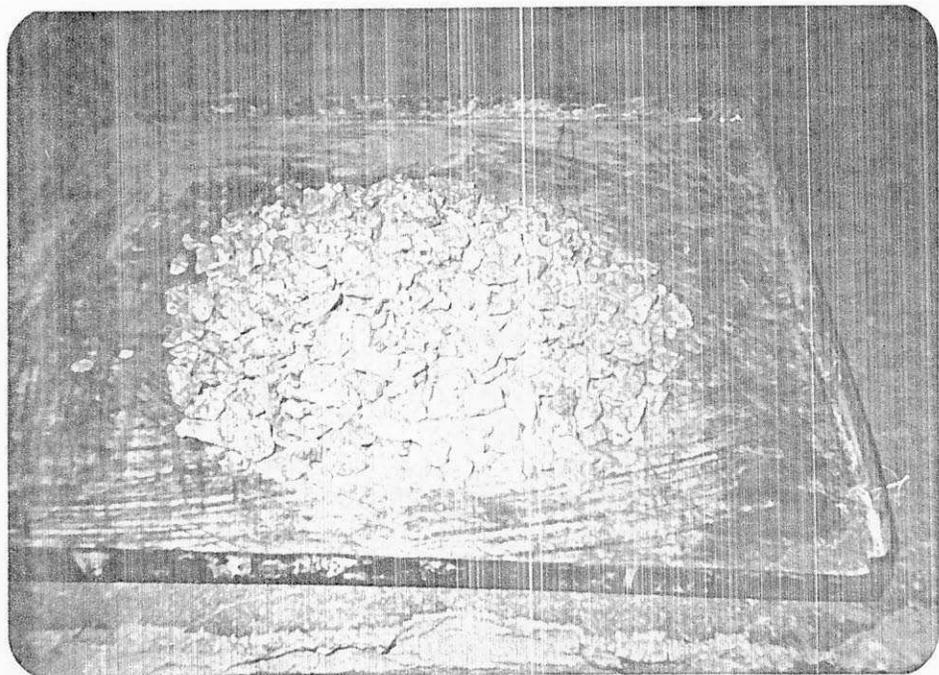


Fig. 5: Máquina utilizada para a realização  
do ensaio "Los-Angeles".

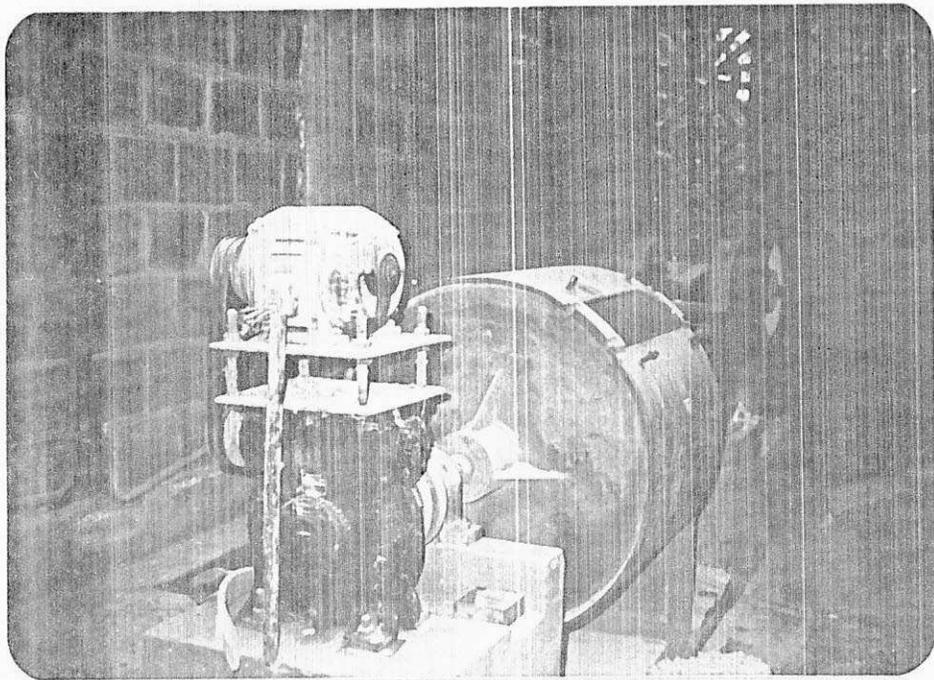


Fig. 6: Máquina de compressão utilizada  
no ensaio de esmagamento.

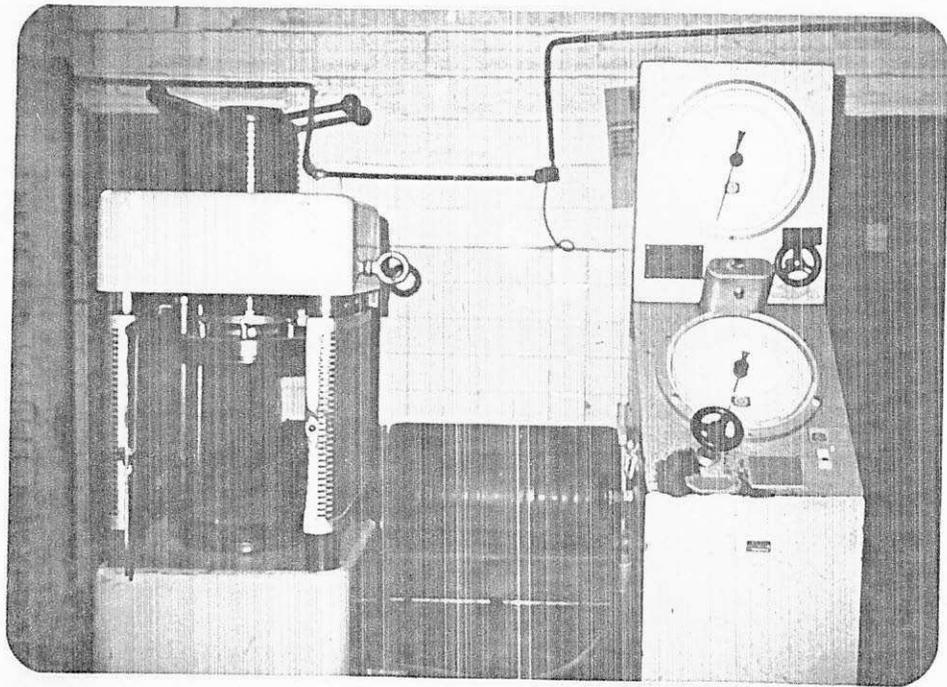


Fig. 7: Equipamento utilizado para realização  
do ensaio de impacto.

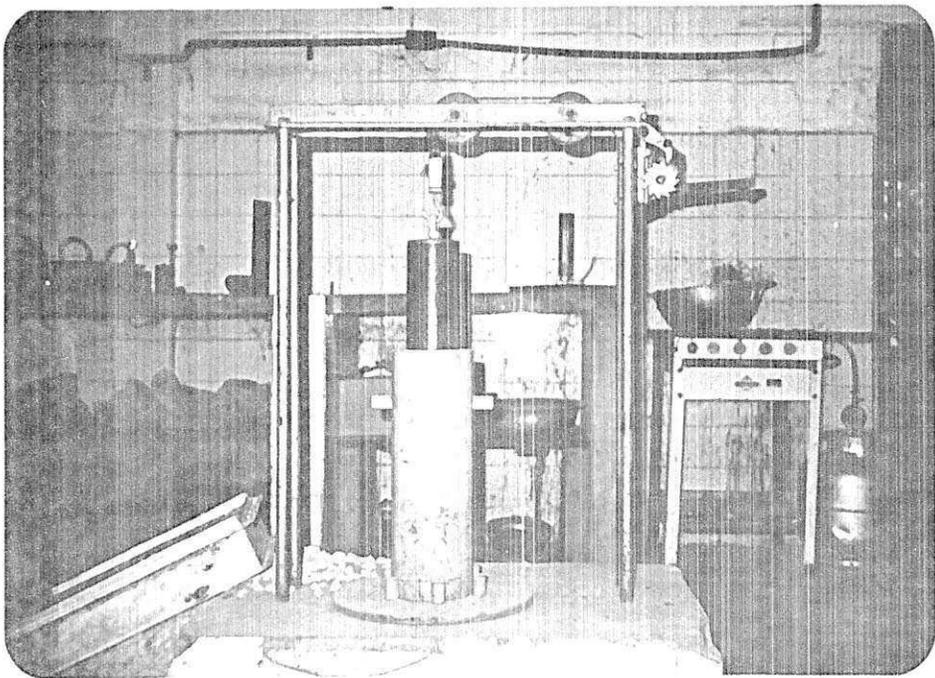


Fig. 8: Peneiras utilizadas para realização  
dos ensaios.

