



**Departamento de Engenharia de Minas e
de Petróleo da Escola Politécnica da USP**



Otimização da Aplicação dos Finos de Pedreira na Fabricação de Argamassa Estrutural

*Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas – Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo*

Aluno: David da Silva Crispim
Orientador: Eng.º Diogo Furuya

Novembro 2002

TF-2002

C 868 o

lypnt 1430897

M2002G

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005491

AGRADECIMENTOS

À Industria e Comércio de Extração de Areia Khouri Ltda., na figura de seu diretor Eng.º Daniel Costa e de seu gerente Eng.º Ryioshi Abe Osaki, pela oportunidade de ensaiar os finos provenientes de sua britagem, inclusive com apoio na obtenção das amostras.

À CDK Engenharia & Consultoria Ltda., pela utilização da infraestrutura laboratorial.

Ao Eng.º Diogo Furuya pela orientação e encaminhamento dos trabalhos.

SUMÁRIO

Sumário de Figuras, Tabelas e Fotos.	2
I – Introdução.....	4
II – Objetivos	5
III – Metodologia	5
IV – Desenvolvimento	7
IV.1. Amostragem	7
IV.2. Secagem e Quarteamento	7
IV.3. Classificação	8
IV.4. Ensaios Granulométricos.....	12
IV.5. Ensaio de Material Pulverulento	13
IV.6. Ensaio de Compressão Uniaxial.....	15
V. Resultados Obtidos	17
VI. Análise e Discussão	20
VII. Conclusão.....	21
VII. Referência Bibliográfica.....	23
IX. Anexo-01	24
X. Anexo-02 – Análises Granulométricas	25

Sumário de Figuras, Tabelas e Fotos.

TABELA-01 – Traço dos Lotes.....	6
FOTO-01 – Túnel de Vento	9
FOTO-02 – Túnel de Vento	10
TABELA-02 – Túnel de Vento.....	11
FOTO-03 – Peneirador Suspenso	12
TABELA-03 – Ensaio de Material Pulverulento.....	14
FOTO-04 – Ensaio de Material Pulverulento.....	14
FOTO-05 – Corpo de Prova	16
FOTO-06 – Prensa Hidráulica.....	17
TABELA-04 – Ensaio de Compressão Uniaxial	18
FIGURA-02 – Gráfico da Classificação Pneumática	19
FIGURA-03 – Gráfico da Variação da Resistência Uniaxial	20
FIGURA-01 - Fluxograma de Estudo.....	24

Resumo

Este relatório técnico mostra a influência que o material pulverulento (segundo a ABNT, material pulverulento é todo material sobrenadante que passa pela malha 200 # mesh tyler) existente em finos de pedreira causa na resistência à compressão de uma argamassa fabricada com esta areia artificial. Para atingir o objetivo acima foi coletado o calcáreo britado abaixo de 4.8 mm da Industria e Comércio de Extração de Areia khouri Ltda., localizada a 30 Km de São Paulo na cidade de Cajamar. Com a areia artificial em mãos promoveu-se a secagem e o quarteamento da mesma, seguido da classificação pneumática em equipamento chamado Túnel de Vento. Com o produto obtido deste equipamento fabricou-se a argamassa, segundo um traço de PETRUCCI (1978) gerando os corpos de prova que foram rompidos em prensa hidráulica. Este procedimento foi realizado para cortes granulométricos diferentes de tal maneira que se conseguiu fazer uma comparação entre o material pulverulento existente em cada amostra e a resistência da argamassa estrutural obtida.

I – Introdução

São Paulo hoje em dia é o terceiro maior estado produtor de bens minerais do país perdendo somente para os estados de Pará e Minas Gerais. Entretanto enquanto estes dois estados produzem minério de ferro, ouro e outros minérios de metais, a produção paulista se concentra nos agregados para construção civil conhecidos como pedra britada e areia.

A produção de agregados no Brasil no ano de 2.000 chegou a 238 milhões de metros cúbicos, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (2000), sendo que 97 milhões de metros cúbicos são de pedra britada produzido principalmente por Pedreiras localizadas na região metropolitana de São Paulo, que é o maior centro consumidor do país. Desta produção cerca de 60 % é utilizado em concreto, e o restante é para usos diversos como pavimentação.

De toda esta produção de pedra britada, os finos de pedreira corresponde a cerca de 15%, o que gera um volume de 14,5 milhões de metros cúbicos por ano, sendo um problema para os produtores, pois este material ainda não tem um uso efetivo, sendo disposto como “rejeito” da britagem. Os usos que envolvem este material são a fabricação de blocos estruturais para construção civil, a produção de postes, a produção de solo-cimento, produção de laje e outros.

Assim, como este material tem um pequeno uso e é disposto como um “rejeito” da britagem, ele acaba trazendo problemas ambientais para a empresa devido a sua granulometria, pois sendo um material fino (menor que 4,8 mm) em épocas de estiagem gera muito pó, há a necessidade de se reservar um local para dispô-lo, provoca impacto visual e pode assorear as drenagens locais, segundo PISSATO (2001).

Desta maneira este trabalho vem propor uma utilização para os finos de pedreira na confecção de argamassa estrutural como areia artificial substituindo a areia natural que está ficando cada vez mais cara devido a

distância dos grandes centros. Para isso propõe-se um método de classificação pneumática dos finos de pedra, provenientes da Pedreira Khouri que brita um calcário metamórfico, em um equipamento chamado Túnel de Vento, e com o produto deste fará-se uma argamassa com o traço descrito por PETRUCCI (1978) gerando corpos de prova que será submetido à compressão uniaxial mostrando que quando se faz um corte granulométrico em tal material pode-se aumentar a resistência da argamassa, otimizando a sua aplicação.

II – Objetivos

O objetivo do trabalho é estudar a influência do material pulverulento, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT material pulverulento é todo material que sobrenada e é passante na malha 0,074 mm – NBR 7219, existentes em finos de pedra (material menor que 4,8 mm) na fabricação de argamassa estrutural, promovendo a manufatura de corpos de prova, também normalizados pela ABNT, que serão submetidos à compressão uniaxial, verificando assim se a existência ou não de tal material influencia na resistência a compressão simples da argamassa gerada.

III – Metodologia

A metodologia aplicada no estudo iniciou-se com o contato com a Pedreira Khouri que concordou com o trabalho a ser realizado. Em seguida amostrou-se o material na Pedreira que foi enviado para a CDK Engenharia e Consultoria Ltda., onde se realizou o desenvolvimento dos trabalhos. Com o material em mãos realizou-se a divisão do mesmo e em seguida o quarteamento de cada lote gerado na divisão.

Os lotes foram nomeados e submetidos a vários testes como mostrado no ANEXO-01 – Fluxograma do Estudo.

Os testes de granulometria foram realizados a úmido segundo a NBR 7217 utilizando-se a série normal de peneiras acrescidas das malhas 170#, 200#, 270# e 325# mesh tyler.

Os testes de material pulverulento foram realizados segundo a NBR 7219, entretanto usou-se uma massa de 10.336,6 g para o teste quando se deveria ter usado pouco mais de 1.000 g. Isto ocorreu pelo fato de utilizar-se o produto deste teste para a confecção da argamassa, logo houve a necessidade de uma massa maior para suprir as necessidades de ensaios seguintes.

A argamassa confeccionada seguiu o traço de 1:5 para concreto segundo PETRUCCI (1978), uma vez que a ABNT não tem uma norma específica para o traço de argamassa estrutural. O traço indica a proporção de agregados e cimento para a fabricação da argamassa. Na TABELA-01 – Traço dos Lotes vemos a quantidade de cimento, fino de pedreira e água utilizada. É importante ressaltar que na confecção dos corpos de prova não foi utilizado qualquer aditivo para o aumento de resistência.

	Tal qual	Sem Pulverulento	AM TV-01	AM TV-02	AM TV - 03	AM TV - 04	AM TV - 05
Agregado (g)	4.514,3	1979,5	1763,6	2207,1	2567,7	2244,0	2368,4
Cimento (g)	902,9	395,9	352,7	441,4	513,5	448,8	473,7
Água (g)	772,3	316,7	283,2	353,2	410,8	359,0	378,9
Traço	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

TABELA-01 – Traço dos Lotes

No teste de compressão uniaxial foram utilizados corpos de prova da ABNT que diz que o corpo pode ser cilíndrico ou cúbico. Escolheu-se corpos cilíndricos que são mais comuns no Brasil com dimensões dadas

pela NBR – 5739 (2 pol de diâmetro e 4 pol de altura). Os corpos foram rompidos em 3 dias, 5 dias e 7 dias e não foi utilizado o tempo de cura de 28 dias devido simplesmente a falta de tempo para a execução do presente trabalho.

IV – Desenvolvimento

IV.1. Amostragem

A amostragem realizada na Pedreira Khouri foi realizada num amostrador de balde. O amostrador foi posicionado logo abaixo da bica de descarga do transportador de correia TC-09 a qual transporta o material de interesse até uma pilha de estocagem. O amostrador foi preso a esta bica de tal forma que recebia o material descarregado pela TC-09. Durante alguns segundos enchia-se o balde que era retirado com o material, o qual era disposto em sacos de pouco mais de trinta quilos (30 Kg). O ciclo repetia-se até que conseguiu-se aproximadamente uma tonelada (1 t) do material, contidos em 30 sacos.

Os sacos foram numerados aleatoriamente da seguinte forma: 4 sacos receberam a designação de Tal Qual, outros 4 sacos a designação de SP (sem pulverulento) e mais 20 sacos foram designados em grupos de 4 de AM-TV-01, AM-TV-02, AM-TV-03, AM-TV-04, AM-TV-05. Os dois sacos de amostra restantes foram deixados como contra-amostra de todo o trabalho. Desta maneira, geramos 7 lotes e cada um destes foram submetidos a diferentes ensaios.

IV.2. Secagem e Quarteamento

Para realizar os ensaios previstos fez-se necessário secar toda a amostra, uma vez que o processo de classificação imposto é a seco além dos ensaios de material pulverulento e granulometria requererem material seco. Logo foi retirada a umidade do material e tal processo foi realizado

em um forno a gás com capacidade para 120 Kg de amostra por batelada. Assim eram secas 4 sacos por vez, ou seja, um lote.

Após a secagem iniciou-se a fase de quarteamento dos lotes Tal qual e SP. Estes lotes seriam submetidos aos ensaios de granulometria e pulverulento os quais requerem uma massa de 500 g e 1000 g respectivamente. Estes quarteamentos foram feitos em pilhas alongadas.

Para o lote Tal qual (120 Kg) dispôs-se o material em uma pilha alongada feita no chão sobre um maderit. Com a pilha feita retomou-se as pontas para a pilha que imediatamente foi dividida em 10 trechos, numerados de 1 a 10. Recolheu-se o trecho 3 e 8 que juntos pesavam cerca de 24 Kg. Estas duas amostras foram quarteadas em um enquarteador Jones até se chegar em uma amostra de 500 g para o ensaio de granulometria e 5.000 g para a confecção dos corpos de prova para a realização dos ensaios de resistência à compressão uniaxial.

O mesmo processo realizou-se com o lote SP chegando ao final em 10.336 g para o ensaio de pulverulento. Realizou-se este teste com uma massa superior ao especificado pela ABNT, pois com o produto deste ensaio ainda realizaria-se o ensaio de granulometria e a confecção dos corpos de prova para o ensaio de resistência uniaxial.

Os outros lotes não quarteou-se, pois se faria primeiramente a classificação no Túnel de Vento.

IV.3. Classificação

O equipamento denominado Túnel de Vento é dotado de um tubo de PVC de 8 pol de diâmetro que encaixa em duas buchas (uma de cada lado) que por sua vez encaixam em dois tubos de 10 pol de diâmetro que estão apoiado em um mancal. Em uma das pontas existe um ventilador que sopra ar para dentro do túnel a velocidades controladas, nesta mesma extremidade ocorre a alimentação do equipamento através de um funil que leva o material para dentro do equipamento. No outro lado do tubo existe

uma bica por onde o material mais grosso é descarregado e um filtro de mangas que é o responsável pela captação dos finos gerados (poeira).

Todo o equipamento está apoiado em uma base de madeira, assim como o motor que promove a rotação do tubo. Na FOTO-01 e FOTO-02 – Túnel de Vento pode-se ver equipamento descrito.

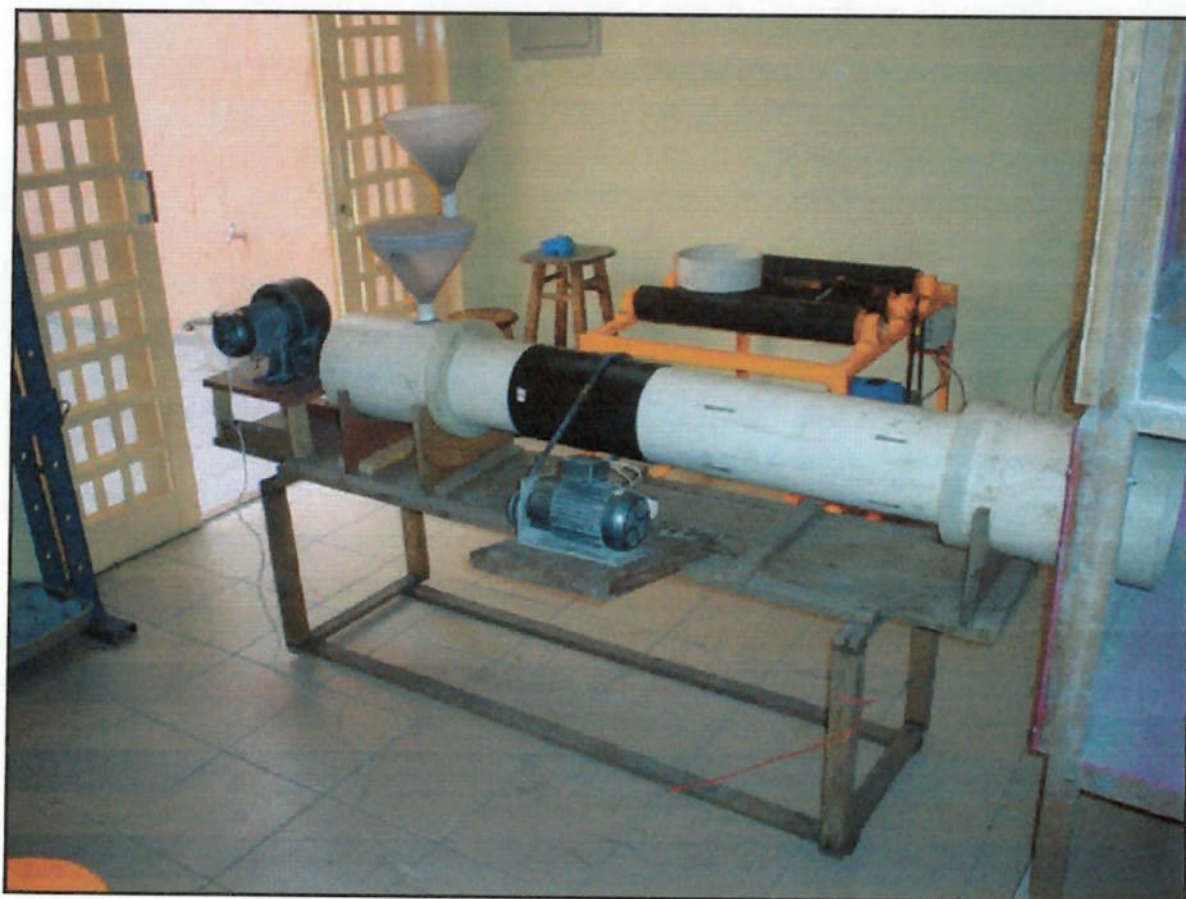


FOTO-01 – Túnel de Vento



FOTO-02 – Túnel de Vento

O lote é passado no Túnel de Vento com uma velocidade de vento medido na bica de saída do material grosso e o processo se dá da seguinte maneira: O material é alimentado em uma extremidade do túnel fluindo para dentro do mesmo. Uma vez dentro do equipamento o material é revirado através de uma rosca e de aletas dispostas lateralmente dentro do túnel entrando em contato com o vento soprado pelo ventilador. Desta maneira, o material mais fino acaba ganhando

uma maior velocidade dentro do Túnel de Vento e acaba ficando preso no filtro de mangas; o material mais grosso devido ao seu maior peso simplesmente fica no fundo saindo na bica, onde está colocado um balde que capta tal material, não indo assim para o filtro de mangas ocorrendo uma classificação.

Após a passagem de um lote o Túnel de Vento é parado e limpo para que um novo lote possa ser classificado.

Esta classificação é comandada pela velocidade do vento que controlamos, das características do material e da rotação do túnel gerando um material mais “limpo”, pois se consegue separar um material mais grosso de um mais fino como é o caso do material pulverulento.

A relação entre velocidade do vento dentro do túnel e do tamanho da partícula a ser cortada para um determinado material foi tirada da KVS (1978).

Esta etapa realizou-se com os lotes AM-TV-01, AM-TV-02, AM-TV-03, AM-TV-04 e AM-TV-05. Cada lote destes tinha uma massa de aproximadamente 120 Kg que foi submetida a classificação no equipamento Túnel de Vento a diferentes velocidades de vento que estão apresentadas na TABELA-02 – Túnel de Vento. A única variável do sistema é a velocidade do vento, uma vez que a velocidade de rotação do Túnel foi fixada em 15,2 rpm, o suficiente para levantar o material dentro do equipamento, e o material é o mesmo.

Lote	Velocidade do vento dentro do Túnel de Vento (m/s)	Vazão de ar dentro do Túnel de Vento (m ³ /s)
AM-TV-01	7,67	0,25
AM-TV-02	7,32	0,24
AM-TV-03	6,50	0,21
AM-TV-04	4,62	0,15
AM-TV-05	2,18	0,07

TABELA-02 – Túnel de Vento

IV.4. Ensaios Granulométricos

Todas as amostras foram submetidas a tal ensaio seguindo as normas da ABNT como descrito acima no item II-Metodologia e realizadas em um peneirador suspenso como ilustra a FOTO-03 – Peneirador Suspenso.



FOTO-03 – Peneirador Suspenso

A amostra Tal Qual foi a primeira a ser peneirada justamente para saber quão fino estava o material. Realizou-se o peneiramento com 681,3 g de material e percebeu-se que tinha abaixo da malha 0,074 mm 16,5% como mostrado no laudo granulométrico no ANEXO-02 – Laudos Granulométricos.

O segundo a ser peneirado foi o produto do ensaio de material produto do ensaio de pulverulento. Após este ensaio, o material foi quarteado em enquarteador Jones e uma amostra de 518,7 g foi submetida ao peneiramento.

Em seguida peneirou-se as 5 amostras dos produtos do Túnel de Vento. Estes 5 produtos que foram captados por baldes foram quarteados separadamente, novamente em um enquarteador Jones, e conseguiu-se amostras com massas ao redor de 600 g para cada lote AM-TV-01, AM-TV-02, AM-TV-03, AM-TV-04 e AM-TV-05 para se realizar o ensaio granulométrico.

Com todas estas granulometrias em mãos pode-se gerar o gráfico Rosin-Ramler o qual está no ANEXO-02 - Laudos Granulométricos.

IV.5. Ensaio de Material Pulverulento

Este ensaio foi realizado no lote designado SP e nos 5 produtos do Túnel de Vento para efeito de comparação. No lote SP utilizou-se 10.336,6 g de material como especificado no item II. Metodologia e nas amostras dos produtos foram utilizadas massa ao redor de 1.500 g, como rege a ABNT. O resultado deste ensaio pode-se ver na TABELA-03 – Ensaio de Material Pulverulento que está apresentada a seguir:

amostra	SP	AM-TV-01	AM-TV-02	AM-TV-03	AM-TV-04	AM-TV-05
Massa inicial (g)	10.336,6	1.313,4	1.458,6	1.746,3	1.510,4	874,9
Massa final (g)	8.327,6	1.228,4	1.354,7	1.616,5	1.369,7	762,7
% de material pulverulento	19,4	6,5	7,12	7,43	9,32	12,8

TABELA-03 – Ensaio de Material Pulverulento

A foto FOTO-04 – Ensaio de Material Pulverulento ilustra bem a operação realizada.



FOTO-04 – Ensaio de Material Pulverulento

IV.6. Ensaio de Compressão Uniaxial

Neste ensaio todas as amostras participaram com um traço fixo de 1:5 como descrito no item II. Metodologia.

Para se realizar o ensaio fez-se necessário a confecção de corpos de prova com o material Tal Qual, com o produto do ensaio de material pulverulento e com as 5 amostras submetidas a classificação.

Os corpos de prova tinham tamanhos fixados e colocados em uma prensa hidráulica com capacidade de 15 t ou 72 Mpa que é acusado no manômetro localizado na parte superior do equipamento, após serem desinformados. Quando colocados na prensa, eram submetidos a uma carga vertical constante até se romperem. Neste momento anota-se o valor da carga suportada pelo corpo de prova.

Foram feitos ensaios de 3, 5 e 7 dias e foi escolhido somente um corpo por amostra. As fotos FOTO-05 – Corpo de Prova e FOTO-06 – Prensa Hidráulica ilustram a operação desenvolvida.



FOTO-05 – Corpo de Prova



FOTO-06 – Prensa Hidráulica

V. Resultados Obtidos

Os resultados dos ensaios granulométricos estão apresentados no item ANEXOS-02 – Laudos Granulométricos, juntamente com o gráfico Rosin-Ramler que retrata o corte realizado pelo equipamento utilizado para classificar.

O resultado obtido no ensaio de resistência à compressão uniaxial está descrito na TABELA-04 – Ensaio de Compressão Uniaxial a seguir:

Resistência (MPa)

Amostra	3 dias (72 h)	5 dias (120 h)	7 dias (168 h)
SP	2,90	4,34	4,58
AM-TV-01	4,34	5,50	5,31
AM-TV-02	4,83	7,48	7,72
AM-TV-03	5,79	7,48	7,24
AM-TV-04	3,62	6,27	6,76
AM-TV-05	6,76	8,20	9,17
Tal Qual	5,79	7,48	8,20

TABELA-04 – Ensaio de Compressão Uniaxial

A partir dos laudos granulométricos e dos resultados dos ensaios de material pulverulento pode-se construir a FIGURA-02 – GRÁFICO DA CLASSIFICAÇÃO PNEUMÁTICA o qual mostra a classificação das amostras através do módulo de finura. Esta grandeza é definida pela ABNT como a somatória dos retidos acumulados divididos por 100. Nota-se que a amostra Tal Qual tem um módulo de finura de 2,37, considerado como areia fina, após a classificação pneumática as amostras passaram a se mostrar como areia média com módulo de finura entre 2,46 e 3,12.

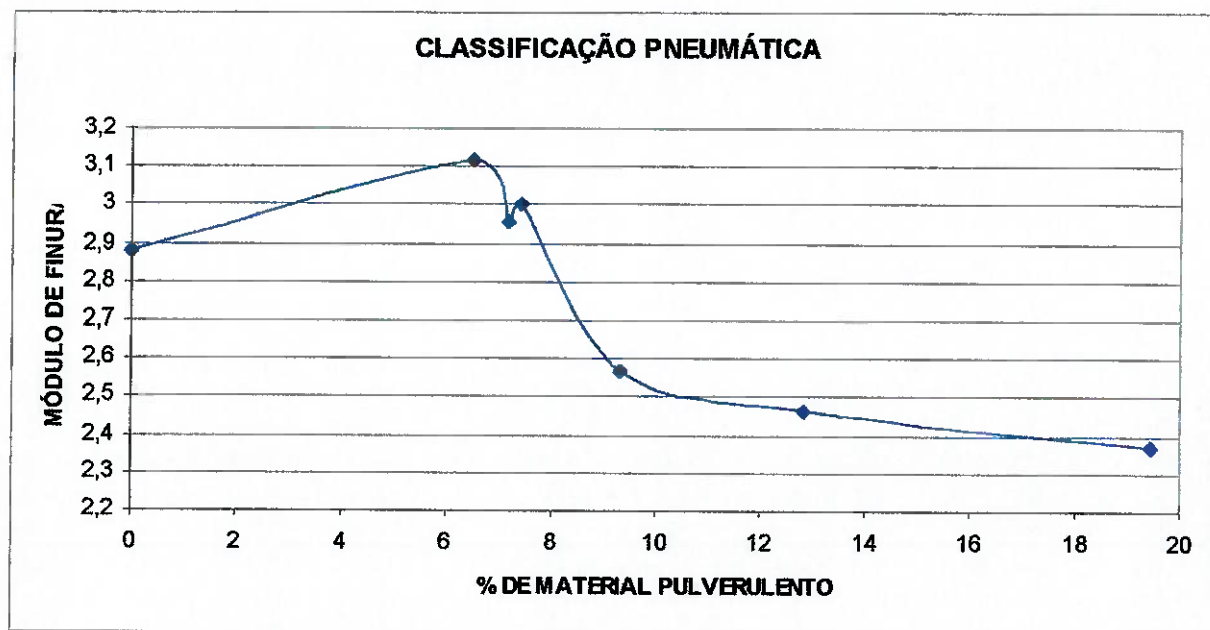


FIGURA-02 – Gráfico da Classificação Pneumática

A partir do resultado acima e comparando este com o resultado do ensaio resistência à compressão uniaxial chega-se à FIGURA-03 – GRAFICO DA VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL apresentado a seguir, o qual mostra uma diferenciação da resistência à compressão uniaxial quando variou-se a quantidade de material pulverulento utilizando-se a classificação pneumática, ou seja, segundo os ensaios desenvolvidos existe uma quantidade de material fino (menor que 0,074 mm) que gera uma maior resistência na argamassa estrutural e este ponto está explícito no gráfico como sendo a amostra que apresenta 12,8 % de material pulverulento que foi designada de AM-TV-05. Esta amostra submetida ao ensaio de classificação a uma vazão de ar de $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ (430 fpm ou $2,18 \text{ m/s}$).

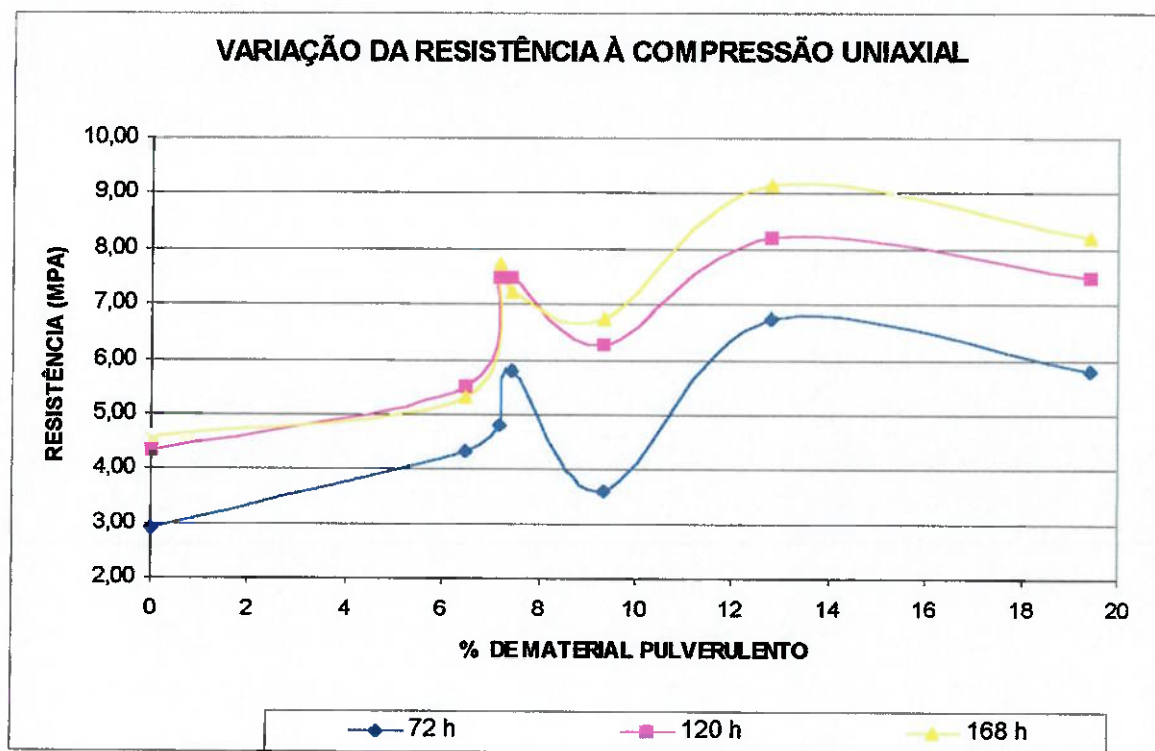


FIGURA-03 – Gráfico da Variação da Resistência Uniaxial

VI. Análise e Discussão

Verificou-se que houve um corte granulométrico o qual é explicitado no módulo de finura das amostras. E por este motivo consegue-se obter diferentes valores para a resistência à compressão simples devido aos diferentes produtos que se obteve com a classificação pneumática.

Além disso, com os resultados e gráficos apresentados pode-se perceber que há uma relação direta entre a quantidade de material pulverulento em uma areia artificial e a resistência à compressão uniaxial que um corpo de prova confeccionado com esta areia apresenta. Ainda pode-se perceber que esta relação não é linear, ou seja, quanto menor a quantidade de material pulverulento maior a resistência, pois a amostra Tal Qual apresentou uma boa resistência à compressão chegando a 8,2 Mpa em 7 dias com 19,4 % de pulverulento, enquanto que a amostra SP que apresenta 0,0 % de material pulverulento resiste somente a 4,6 MPa

passados 7 dias. Entretanto a relação também não é inversamente proporcional à quantidade de material pulverulento, pois a amostra AM-TV-05 que foi submetida à classificação no Túnel de Vento apresentou a maior resistência à compressão em 7 dias chegando a 9,2 Mpa com 12,8 % de pulverulento. Logo a relação é mais complexa e faz-se necessário mais teste para desvendá-la.

É sabido que quanto maior a quantidade de material fino em agregados, maior o consumo de cimento devido ao aumento brusco de área superficial do agregado que acaba por consumir mais cimento. Logo para um mesmo traço usando-se um agregado mais fino a resistência cai, como é o caso da amostra Tal Qual PETRUCCI (1978).

Entretanto, sem material fino (amostra SP), o agregado fica muito grosso e quando se gera uma argamassa a partir deste, os vazios entre um grão e outro não é preenchido gerando vazios dentro do corpo de argamassa, fazendo com que este fique com uma resistência pequena, haja vista a amostra SP mencionada acima que obteve o pior desempenho dentre as amostras estudadas.

Logo existe um ponto ótimo no qual a quantidade de material pulverulento é desejável, pois gera a maior resistência da argamassa confeccionada com tal agregado otimizando tal processo que no caso do calcário da Pedreira Khouri estudado ocorre em torno de 13 % de material fino (abaixo de 0,074 mm), como mostrado pela amostra AM-TV-05.

VII. Conclusão

Com o desenvolvimento do trabalho mostra-se que para se usar os finos de Pedreira, no caso os finos gerados na britagem do calcário da Pedreira Khouri, como agregado na confecção de argamassas faz-se necessário à classificação da areia artificial. A partir deste ponto, um estudo mais aprofundado em relação ao aumento de resistência com um

certo grau de material fino faz-se necessário para realmente executar um projeto.

E utilizando-se os finos de pedreira para tal finalidade, o material passa a ter um uso efetivo eliminando enfim o “rejeito” da britagem.

Outro fato relevante é que de acordo com a ABNT (NBR-7219) a porcentagem de material pulverulento em concreto não pode ultrapassar os 7 %. Entretanto, viu-se, no trabalho apresentado, que com uma porcentagem de 6,5 % de material pulverulento obteve-se o pior desempenho, e o melhor desempenho foi obtido com 12,8 %. Portanto, quando se trata de finos de pedreira não se pode estabelecer uma relação geral para todos os produtores, necessitando-se ensaiar tais materiais a fim de se obter um valor ótimo para o específico material, como foi o caso estudado da Khouri.

Além disso, o material fino gerado pela classificação da areia artificial, material muito fino (abaixo de 0,074 mm), pode ser utilizado como filler na indústria de PVC. Entretanto para tal aplicação faz-se necessários alguns ensaios para se confirmar tal uso, que não foi o escopo deste trabalho.

VII. Referência Bibliográfica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação do teor de materiais pulverulentos** - NBR 7219. Rio de Janeiro 1987.

Agregados - Determinação da composição granulométrica - NBR 7217. Rio de Janeiro.

Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - NBR 5739. Rio de Janeiro.

ANEPAC - DNPM/DIRIN - **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/bmb2001>. Acesso em: 22 de Nov. 2002.

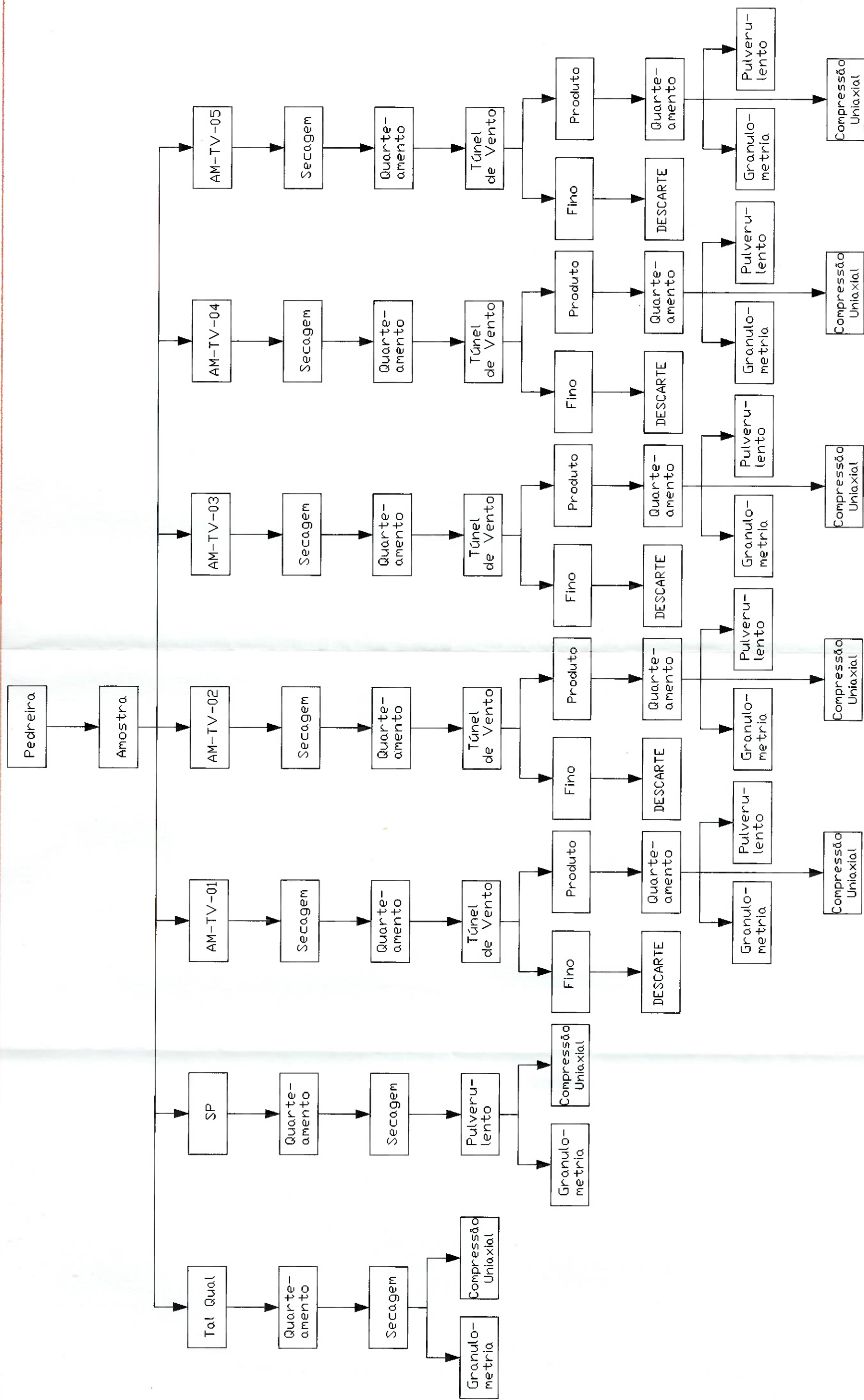
KVS, **Rock talk manual**. 2. ed. Pennsylvania: McCornick-Armstrong Co., 1978.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento portland**. 5. ed. Rio Grande do Sul: Globo, 1978.

PISSATO, E. **A utilização de finos de pedreira em solo-cimento ensacado**. 2001. 116p. Tese (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

IX. Anexo-01

FIGURA-01 - Fluxograma de Estudo

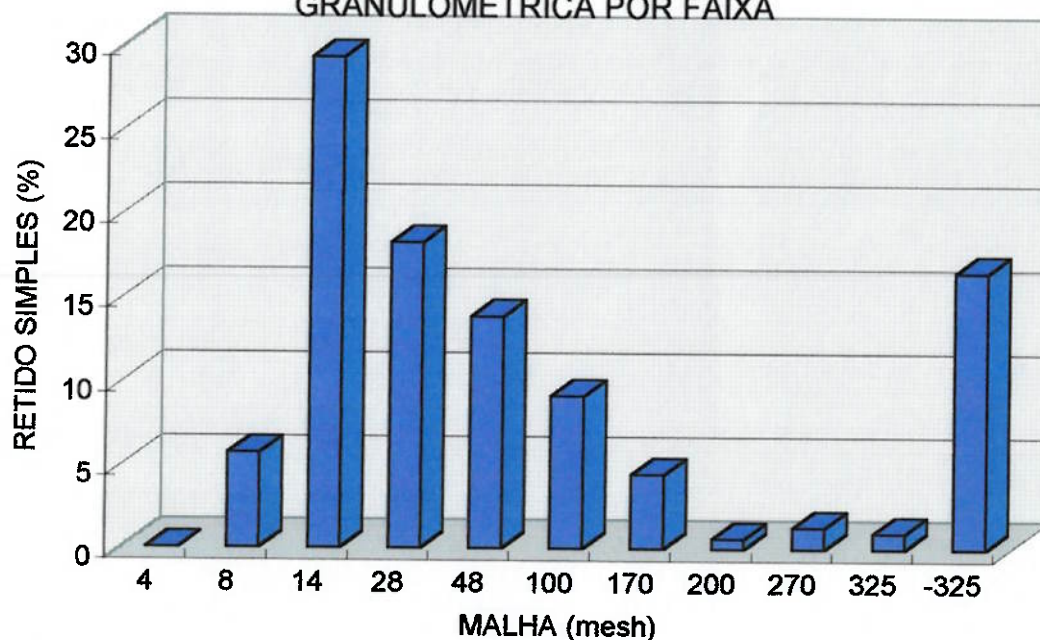


ESCOLA POLITÉCNICA - USP			
DEPARTAMENTO	ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO		
DISCIPLINA	PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA		
TÍTULO	FLUXOGRAMA DE ESTUDO		
ALUNO	DAVID DA SILVA CRISPIM		
ESCALA	DOCUMENTO Nº	Nº USP	2948943
S/ESCALA	FIGURA - 01	REVISÃO	0

X. Anexo-02 – Análises Granulométricas

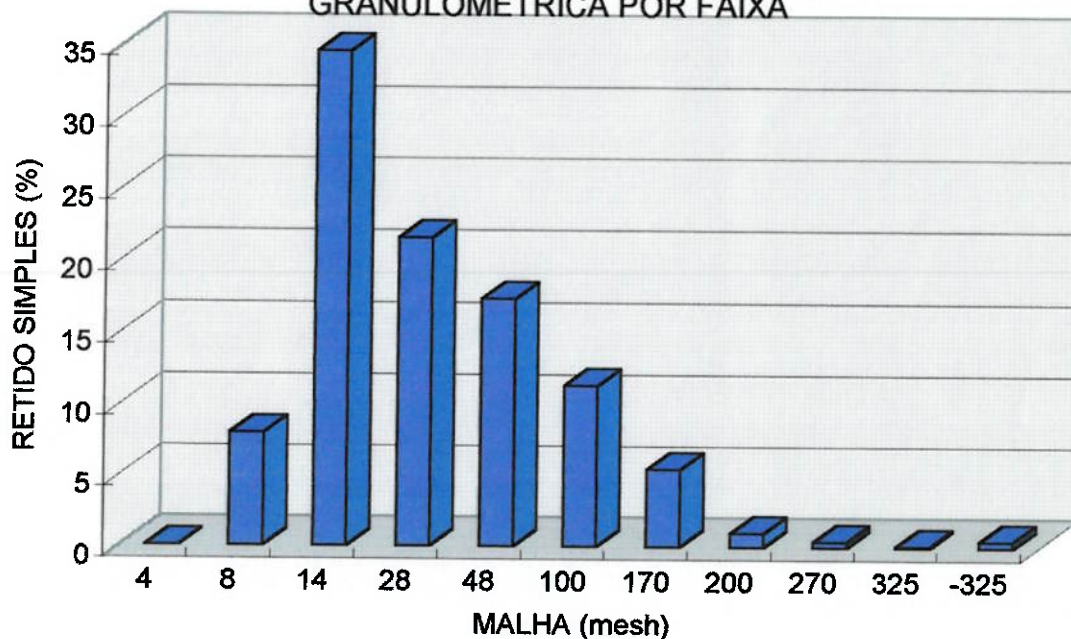
ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA:** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** TAL QUAL**TIPO DE PENEIRAMENTO:** ÚMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 681,30**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

MESH TYLER	ABERTURA	MASSA	% RETIDA	% RETIDA	% PASSANTE
(#)	(mm)	RETIDA (g)	SIMPLES	ACUMULADA	ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	39,02	5,73	5,73	94,27
14	1,190	199,47	29,28	35,01	64,99
28	0,590	124,16	18,22	53,23	46,77
48	0,300	94,32	13,84	67,07	32,93
100	0,149	62,32	9,15	76,22	23,78
170	0,088	30,49	4,48	80,70	19,30
200	0,074	3,96	0,58	81,28	18,72
270	0,053	8,78	1,29	82,57	17,43
325	0,044	6,28	0,92	83,49	16,51
-325	-0,044	112,50	16,51	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**

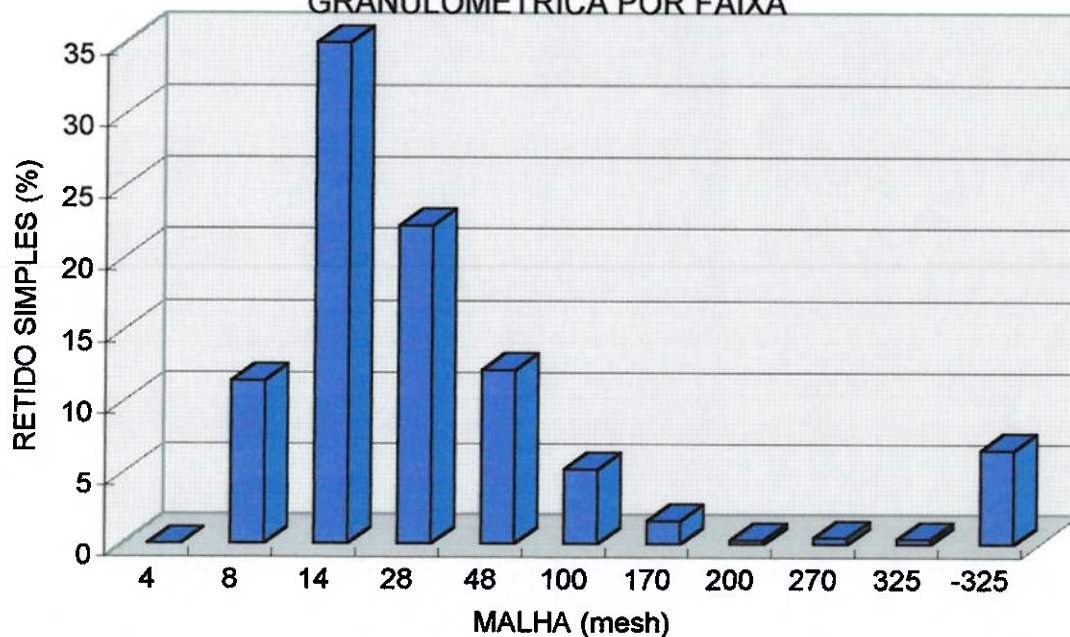
ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** PRODUTO DO ENSAIO DE PULVERULENTO**TIPO DE PENEIRAMENTO:** ÚMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 518,70**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

MESH TYLER	ABERTURA	MASSA	% RETIDA	% RETIDA	% PASSANTE
(#)	(mm)	RETIDA (g)	SIMPLES	ACUMULADA	ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	41,21	7,94	7,94	92,06
14	1,190	179,04	34,52	42,46	57,54
28	0,590	111,61	21,52	63,98	36,02
48	0,300	89,73	17,30	81,28	18,72
100	0,149	58,71	11,32	92,60	7,40
170	0,088	28,39	5,47	98,07	1,93
200	0,074	5,13	0,99	99,06	0,94
270	0,053	2,08	0,40	99,46	0,54
325	0,044	0,46	0,09	99,55	0,45
-325	-0,044	2,34	0,45	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**

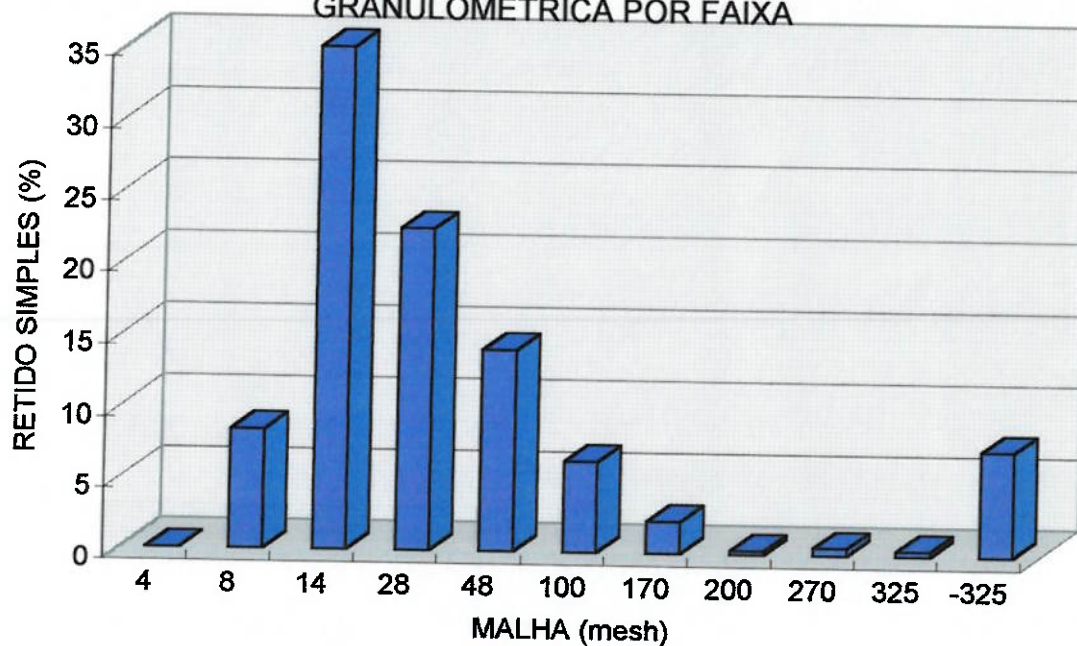
ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** TV - AM - 01**TIPO DE PENEIRAMENTO:** ÚMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 668,10**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

MESH TYLER	ABERTURA	MASSA	% RETIDA	% RETIDA	% PASSANTE
(#)	(mm)	RETIDA (g)	SIMPLES	ACUMULADA	ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	76,69	11,48	11,48	88,52
14	1,190	263,63	39,46	50,94	49,06
28	0,590	148,57	22,24	73,18	26,82
48	0,300	81,71	12,23	85,41	14,59
100	0,149	35,09	5,25	90,66	9,34
170	0,088	10,73	1,61	92,26	7,74
200	0,074	1,90	0,28	92,55	7,45
270	0,053	2,94	0,44	92,99	7,01
325	0,044	2,39	0,36	93,35	6,65
-325	-0,044	44,45	6,65	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**

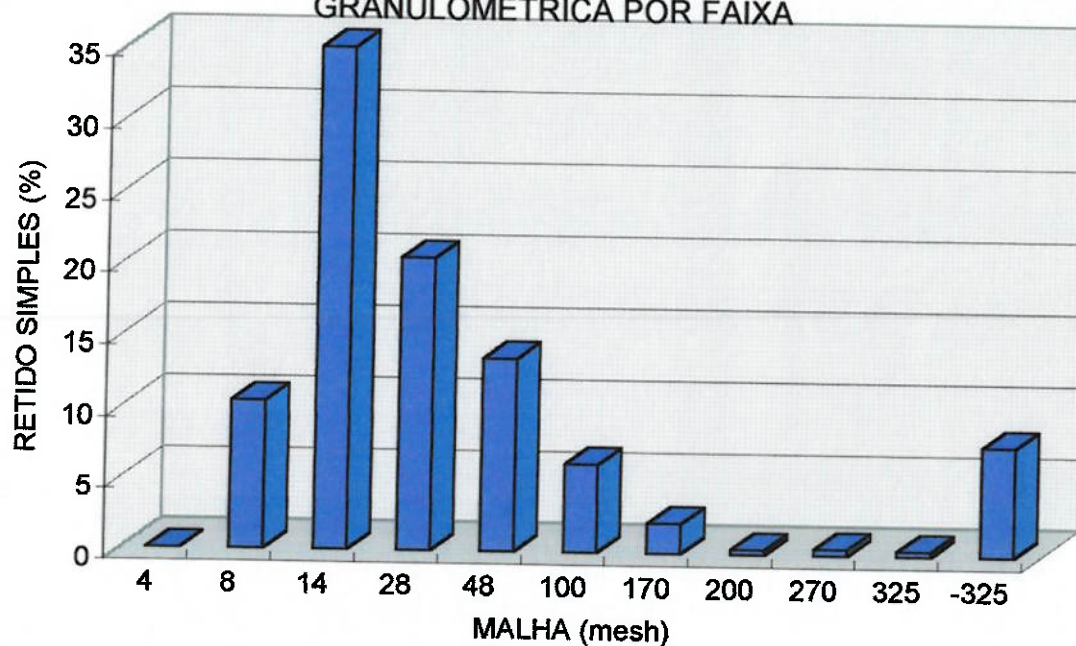
ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** TV - AM - 02**TIPO DE PENEIRAMENTO:** UMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 644,20**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

MESH TYLER	ABERTURA	MASSA	% RETIDA	% RETIDA	% PASSANTE
(#)	(mm)	RETIDA (g)	SIMPLES	ACUMULADA	ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	54,01	8,38	8,38	91,62
14	1,190	244,76	37,99	46,38	53,62
28	0,590	144,47	22,43	68,80	31,20
48	0,300	90,69	14,08	82,88	17,12
100	0,149	41,12	6,38	89,27	10,73
170	0,088	14,59	2,26	91,53	8,47
200	0,074	1,58	0,25	91,78	8,22
270	0,053	3,27	0,51	92,28	7,72
325	0,044	2,15	0,33	92,62	7,38
-325	-0,044	47,56	7,38	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**

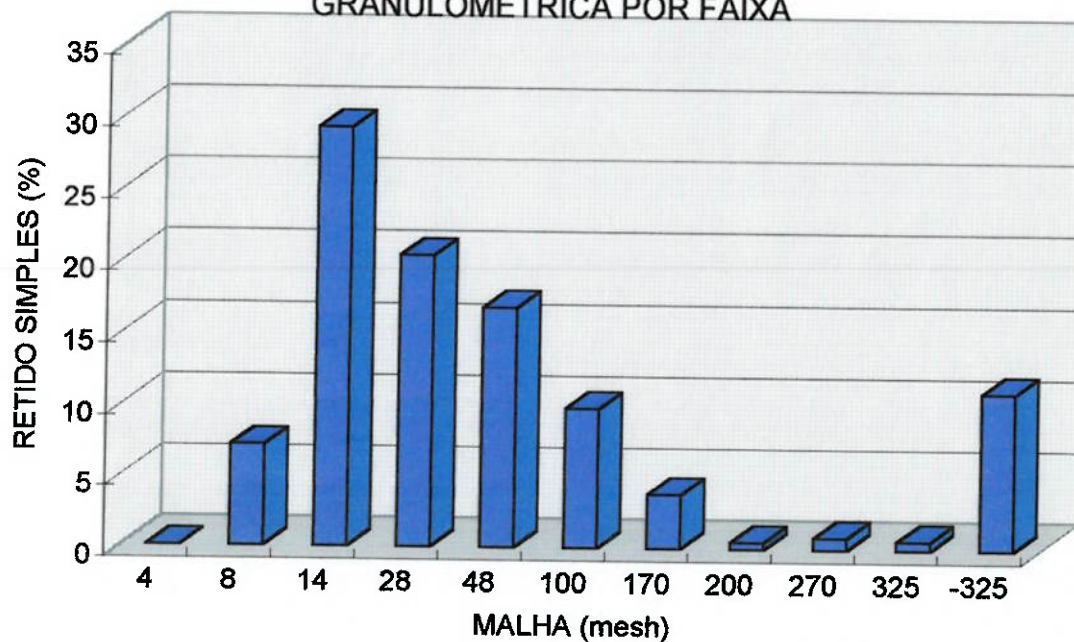
ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** TV - AM - 03**TIPO DE PENEIRAMENTO:** ÚMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 571,70**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

MESH TYLER	ABERTURA	MASSA	% RETIDA	% RETIDA	% PASSANTE
(#)	(mm)	RETIDA (g)	SIMPLES	ACUMULADA	ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	59,40	10,39	10,39	89,61
14	1,190	220,04	38,49	48,88	51,12
28	0,590	116,62	20,40	69,28	30,72
48	0,300	77,10	13,49	82,76	17,24
100	0,149	35,60	6,23	88,99	11,01
170	0,088	12,18	2,13	91,12	8,88
200	0,074	2,10	0,37	91,49	8,51
270	0,053	2,61	0,46	91,95	8,05
325	0,044	1,95	0,34	92,29	7,71
-325	-0,044	44,10	7,71	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**

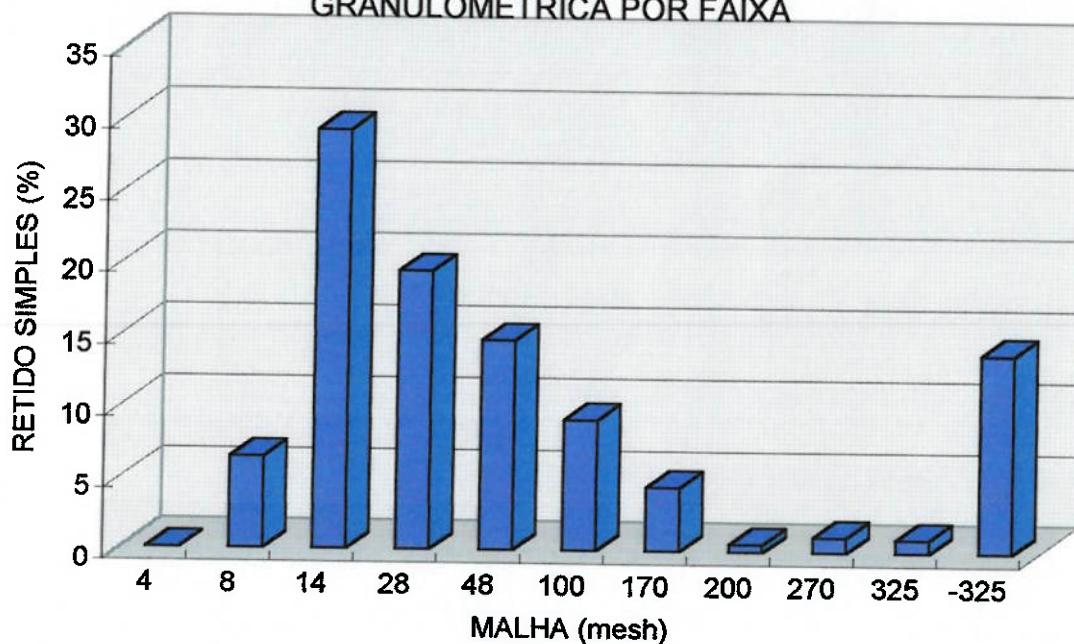
ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** TV - AM - 04**TIPO DE PENEIRAMENTO:** ÚMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 817,20**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

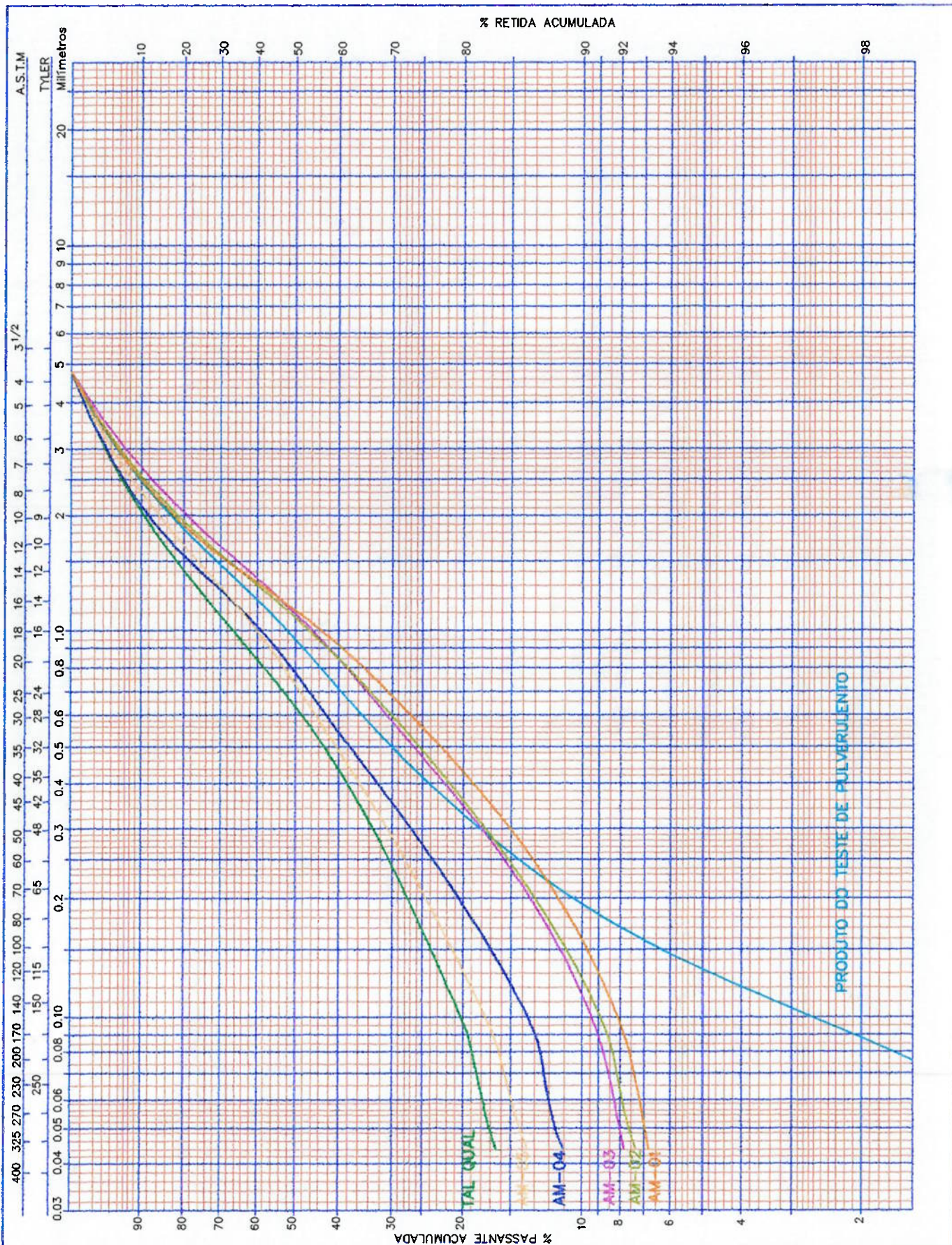
MESH TYLER	ABERTURA	MASSA	% RETIDA	% RETIDA	% PASSANTE
(#)	(mm)	RETIDA (g)	SIMPLES	ACUMULADA	ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	58,17	7,12	7,12	92,88
14	1,190	238,92	29,24	36,35	63,65
28	0,590	166,20	20,34	56,69	43,31
48	0,300	136,95	16,76	73,45	26,55
100	0,149	79,98	9,79	83,24	16,76
170	0,088	31,07	3,80	87,04	12,96
200	0,074	3,81	0,47	87,51	12,49
270	0,053	6,87	0,84	88,35	11,65
325	0,044	5,11	0,63	88,97	11,03
-325	-0,044	90,12	11,03	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**

ESCOLA POLITÉCNICA - USP**DEPARTAMENTO:** ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO**DISCIPLINA** PMI-500 - TRABALHO DE FORMATURA**MATERIAL :** FINO DE PEDREIRA**ORIGEM :** CAJAMAR**AMOSTRA :** TV - AM - 05**TIPO DE PENEIRAMENTO:** ÚMIDO**TEMPO DE PENEIRAMENTO:** 5 min**MASSA INICIAL (g):** 760,20**DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

MESH TYLER (#)	ABERTURA (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE ACUMULADA
			0,00	0,00	100,00
4	4,760	0,15	0,02	0,02	99,98
8	2,360	49,04	6,45	6,47	93,53
14	1,190	222,24	29,23	35,71	64,29
28	0,590	147,68	19,43	55,13	44,87
48	0,300	111,41	14,66	69,79	30,21
100	0,149	69,70	9,17	78,96	21,04
170	0,088	34,39	4,52	83,48	16,52
200	0,074	4,29	0,56	84,04	15,96
270	0,053	8,40	1,10	85,15	14,85
325	0,044	7,30	0,96	86,11	13,89
-325	-0,044	105,60	13,89	100,00	0,00

**HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO
GRANULOMÉTRICA POR FAIXA**



ESCOLA POLITÉCNICA – USP		DES. DAVID CRISPIM		DATA	01/11/2002
DEPARTAMENTO ENGENHARIA DE MINAS E PETRÓLEO		APROV.			
DISCIPLINA		ESCALA	CÓDIGO	REVISÃO	
PMI-500 – TRABALHO DE FORMATURA					
TÍTULO		DESENHO N°			0
CURVAS GRANULOMÉTRICAS					

