

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA**

**CARACTERIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE  
MOAGEM DE UMA MASSA CERÂMICA GRÊS**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**JOÃO BATISTA RODRIGUES NETO**

**Florianópolis, setembro de 1994**

# CARACTERIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MOAGEM DE UMA MASSA CERÂMICA GRÊS

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE  
CONCENTRAÇÃO FABRICAÇÃO MECÂNICA, E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA.



---

Prof. Dr. ORESTES ESTEVAN ALARCON – Orientador



---

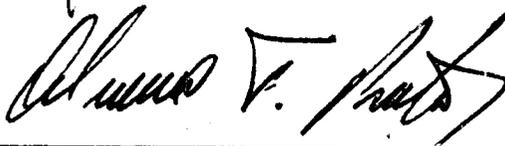
Prof. Dr. ANTÔNIO FABIO C. DA SILVA – Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:



---

Prof. Dr. ALOÍSIO NELMO KLEIN



---

Prof. Dr. ÁLVARO TOUBES PRATA



---

Prof. Dr. PEDRO AMADEO NANNETTI BERNARDINI

À meus pais, pelo seu  
exemplo, apoio e  
motivação

## AGRADECIMENTOS

A empresa ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS, pela parceria e apoio na utilização de sua infra-estrutura, que tornaram viável a completa realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Orestes Estevan Alarcon, pela proposição do tema de trabalho e pela orientação cedida durante a realização do mesmo.

Ao Prof. Dr. Pedro Amadeo Nannetti Bernardini, por sua amizade e por seu exemplo de vida.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante a realização do trabalho.

A todos os bolsista de iniciação científica do LabMat, em especial a Marcelo Monteiro, por sua contribuição prestada durante a realização do experimentos.

Enfim, a todos que de uma manelra ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Foram realizados testes de moagem, utilizando um moinho de bolas de laboratório, em sete matérias primas componentes de uma massa cerâmica grês da empresa ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS, com o propósito de otimizar o processo de moagem dessas matérias primas. Para isso, numa primeira etapa, foi observada a evolução do resíduo, em peneira 325 mesh, da distribuição de tamanho de partículas e da viscosidade aparente das barbotinas das matérias primas, moídas individualmente, em função do tempo de moagem. Observou-se, que dentre todas, duas matérias primas ( Fonolito Lages e Quartzito Orleanense ) definem o tempo necessário para a moagem da massa cerâmica em questão, já que as demais, possuem excelente "moabilidade". Em numa segunda etapa, optou-se por fazer a moagem das matérias primas dividindo-as em grupos distintos e em conjunto. Os grupos foram divididos segundo a dificuldade de moagem em MATERIAIS PLÁSTICOS E NÃO PLÁSTICOS e o conjunto foi denominado de BARBOTINA. Analisando a influência do tempo de moagem sobre as mesmas variáveis da primeira etapa, notou-se que a realização da moagem das matérias primas, dividindo-as em grupos torna a moagem mais eficiente, pois a presença dos materiais plásticos, junto aos não plásticos ( barbotina ), interfere negativamente em sua moagem.

## ABSTRACT

Milling tests were done, using a laboratory ball mill, in seven raw materials components of a gres ceramic mass belonged to ELIANE - Ceramic Tiles factory, with the propose of optimize the milling process these raw materials. In this way, in a first step, was observed a residue evolution in sieve 325 mesh, of the particles size distribution and apparent viscosity of the slough raw materials, which were individually milled, as a milling time function. It was observed, that between all the raw materiais, just two raw materials ( Fonolito Lages and Quartzito Orleanense ) defines the necessary time for a milling of the ceramics mass in question, since the other ones present a excellent capacity to be milled. In second step, it was selected to make the raw materials milling dividing then in different groups and together. The groups were divided by the milling difficult in PLASTIC MATERIALS and NON-PLASTIC MATERIALS, being the entirety denominated SLOUGH. Analyzing the milling time influence on the same variables of the first step, it was observed that the realization of the raw materiais milling, dividing than in groups, become the mlling process more efficient, because the plastic materials presence, inclose to the non-plastic materials ( slough ), interfere negatively in its milling.

# SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
II.1 - A Moagem em Moinho de Bolas - Aspectos Mecânicos	3
II.1.1 - Introdução	3
II.1.2 - Dinâmica e Cinemática da Moagem em um Moinho de Bolas	4
II.1.3 - Condições de Operação de um Moinho de Bolas	11
II.2 - O Controle do Processo de Moagem - Análise Granulométrica	16
II.2.1 - Introdução	16
II.2.2 - A Definição do Tamanho de Partícula	17
II.2.3 - Técnicas de Análise Granulométrica	20
II.3 - Propriedades Coloidais e Reológicas das Dispersões de Materiais Cerâmicos	22
II.3.1 - Introdução	22
II.3.2 - Propriedades Coloidais do Sistema Argila e Água	23
II.3.3 - A Reologia das Dispersões de Materiais Cerâmicos	32
CAPÍTULO III - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	42
III.1 - Introdução	42
III.2 - Moagem das Matérias Primas Individualmente	42

III.2.1 - Matérias Primas	42
III.2.2 - Obtenção das Curvas de Viscosidade X Percentual de Água e de Viscosidade X Percentual de Defloculante	43
III.2.3 - Moagem	44
III.2.4 - Medidas de Resíduo em Peneira 325 Mesh	44
III.2.5 - Análises Granulométricas	45
III.2.6 - Medidas de Viscosidade Aparente	45
III.3 - Moagem das Matérias Primas em Grupos e em Conjunto	46
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
IV.1 - Moagem das Matérias Primas Individualmente	48
IV.1.1 - Curvas de Viscosidade X Percentual de Água e de Viscosidade X Percentual de Defloculante	48
IV.1.2 - Evolução do Resíduo em Peneira 325 Mesh com o Tempo de Moagem	53
IV.1.3 – A Influência do Tempo de Moagem na Distribuição Granulométrica das Matérias Primas	54
IV.1.4 - A Influência do Tempo de Moagem na Viscosidade Aparente das Barbotinas das Matérias Primas	63
IV.2 - Moagem das Matérias Primas em Grupos e em Conjunto	71
IV.2.1 - Evolução do Resíduo em Peneira 325 Mesh em Função do Tempo de Moagem	73
IV.2.2 - A Influência do Tempo de Moagem nas Distribuições Granulométricas	74
IV.2.3 - Influência do Tempo de Moagem na Viscosidade Aparente dos Grupos de Matérias Primas e da Barbotina	79

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO I	87
ANEXO II	151
ANEXO III	179
ANEXO IV	181
ANEXO V	182
ANEXO VI	183
ANEXO VII	184
ANEXO VIII	185
ANEXO IX	186

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Velocidade de rotação e tangencial no moinho.	3
Figura 2.2: Forças centrífuga e gravitacional no moinho.	4
Figura 2.3: Variação da força centrífuga com o raio do moinho.	5
Figura 2.4: Ângulo de quebra e de cascata.	6
Figura 2.5: "O Efeito Cascata".	7
Figura 2.6: Efeito da velocidade de rotação no ângulo de cascata.	8
Figura 2.7: Influencia da velocidade de rotação no tempo de moagem.	10
Figura 2.8: Variação do movimento e da distribuição dos elementos moedores em função da velocidade de rotação.	11
Figura 2.9: Potência consumida e tempo de moagem em função do volume de elementos moedores.	12
Figura 2.10: Curva de distribuição granulométrica de freqüência.	17
Figura 2.11: Correlação entre as curvas de distribuição de freqüência e acumulativa.	18
Figura 2.12: A dupla camada iônica rígida (Helmholtz) e a dupla camada difusa (Gouy e Chapman) [9].	23
Figura 2.13: A dupla camada iônica rígida e difusa (O Modelo Coloidal).	23

Figura 2.14: A evolução do potencial elétrico ao longo da dupla camada rígida e difusa, O Potencial de Nernst e o Potencial Zeta.	24
Figura 2.15: Os cátions e suas distância de equilíbrio quando adsorvidos a uma partícula de argilomineral.	26
Figura 2.16: Forças de interação entre partículas coloidais em função da distancia de aproximação.	28
Figura 2.17: Condições de floculação e defloculação.	30
Figura 2.18: Curvas de escoamento para os diversos tipos de fluidos.	32
Figura 2.19: Dependência da viscosidade aparente relativa em relação a concentração de sólidos de dispersões de partículas não atrativas.	34
Figura 2.20: Interações Face to Face, Edge to Edge e Face to Edge entre partículas de argilominerais.	35
Figura 2.21: Estrutura de géis tixotrópicos formando a estrutura de "Cartas de Baralho".	36
Figura 2.22: Curvas de escoamento para uma barbotina em processo de defloculação.	37
Figura 2.23: Dependência de viscosidade aparente relativa em relação as concentração de sólidos de dispersões de partículas atrativas.	38
Figura 4.1- Curvas de viscosidade X percentual de defloculante e curvas de viscosidade X percentual de água para as matérias-primas.	52

Figura 4.2- Evolução do resíduo em peneira 325 mesh com o tempo de moagem.	54
Figura 4.3: Evolução do diâmetro para 90% acumulado com o tempo de moagem.	59
Figura 4.4: Evolução do diâmetro para 50% acumulado com o tempo de moagem.	60
Figura 4.5: Evolução do diâmetro para 10% acumulado com o tempo de moagem.	62
Figura 4.6: Curvas de Viscosidade em função do tempo de moagem.	66
Figura 4.7: Resultados da evolução da superfície específica com o tempo de moagem	67
Figura 4.8: Evolução do resíduo em peneira 325 mesh com o tempo de moagem para os dois grupos de matérias-primas e para a barbotina.	73
Figura 4.9: Evolução do diâmetro para 90% acumulado com o tempo de moagem para os grupos e para a barbotina.	76
Figura 4.10: Evolução do diâmetro para 50 % acumulado com o tempo de moagem para os grupos e para a barbotina.	79
Figura 4.11: Evolução do diâmetro para 10% acumulado com o tempo de moagem par os grupos e para a barbotina.	79
Figura 4.12: Evolução da superfície específica com o tempo de moagem para os grupos e para a barbotina.	80
Figura 4.13: Evolução da viscosidade aparente com o tempo de moagem para os grupos de matérias-primas e para a barbotina.	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Diâmetros equivalentes e sua definição.	16
Tabela 2.1: Técnicas de análise granulométrica para materiais cerâmicos.	19
Tabela 4.1: Percentuais em Massa de cada Matéria-prima nos Grupos e na Barbotina.	72

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As indústrias cerâmicas de revestimento têm como ponto de partida de seu processo de produção, a realização da operação de moagem e homogeneização de suas matérias primas.

Na fabricação de revestimentos cerâmicos é indispensável que as matérias primas sejam acondicionadas a um estado uniforme de distribuição de tamanhos de partículas, para que o produto final possua as propriedades características ao fim que se deseja. A distribuição de tamanho de partículas de uma massa cerâmica influencia diretamente a viscosidade da barbotina a ser atomizada, o empacotamento das partículas durante a etapa de prensagem e o grau de densificação durante a sinterização do revestimento cerâmico. Logo, um produto com alta resistência mecânica, "baixa porosidade", alta densificação e boa estabilidade dimensionai só pode ser produzido se a etapa de moagem da industria cerâmica estiver totalmente sob controle.

Para tanto, faz-se a moagem das matérias primas cerâmicas, tradicionalmente, por via úmida, utilizando-se um moinho de bolas descontínuo. O equipamento consiste em um tambor cilíndrico rotativo revestido ( borracha, alumina ou silex ), carregado com elementos moedores esféricos ( alumina ou silex ) e com a carga de material a ser moído. Feito o carregamento do material, o moinho entra em operação e o controle da moagem é feito através da retirada de amostras a cada hora de moagem, onde são realizadas medidas de resíduo em peneira, geralmente 325 ou 250 mesh. Ao se atingir um valor pré-determinado de resíduo, o moinho é parado e descarregado. O acionamento do equipamento é feito por um motor elétrico de alta potência, fazendo com que a operação de moagem seja responsável por grande parte do consumo de energia elétrica de uma industria cerâmica. Desta maneira, uma possível redução do

tempo de moagem de uma massa cerâmica pode proporcionar grande economia para a indústria, pois tal redução atua diretamente no custo de produção do produto.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a influência do tempo de moagem sobre o resíduo em peneira 325 mesh, a distribuição de tamanho de partículas e a viscosidade de barbotinas formadas por sete matérias primas componentes de uma massa grês industrial, da empresa ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS, quando são moídas individualmente em um moinho de bolas de laboratório, visando a obtenção de resultados que auxiliem na etapa subsequente de otimização do processo de moagem das matérias primas em conjunto.

# CAPÍTULO II

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### II.1 – A MOAGEM EM MOINHOS DE BOLAS – ASPECTOS MECÂNICOS

#### II.1.1 - Introdução

A expressão "moagem" pode genericamente ser utilizada para definir todas as operações tecnológicas envolvidas na redução dimensional de partículas componentes de um material e/ou na mistura de substâncias que se apresentam na forma de aglomerados de partículas finamente divididas [1]. Dependendo das dimensões iniciais e finais dos fragmentos do material a ser moído, esta operação pode-se dividir em [1,2,3]:

- Britagem : quando os fragmentos são reduzidos da ordem de decímetros para centímetros;
- Moagem fina : quando a redução partir de um material na ordem de centímetro até que esse assuma um estado de pó (moagem a seco) ou de uma barbotina (moagem a úmido) com partículas de dimensões micrométricas;
- Micronização: quando ocorrer apenas uma desagregação de aglomerados de pó de dimensões micrométricas.

Nas indústrias cerâmicas, o ponto de partida do seu processo de produção é a realização da moagem e homogeneização de suas matérias-primas. Devido as condições de fornecimento destes materiais, necessita-se apenas fazer uma "moagem fina" dos mesmos. Além disso, a moagem deve ser feita a úmido, pois a obtenção de uma barbotina facilita a realização das operações unitárias subsequentes, características deste processo de produção.

O equipamento utilizado para ser feita a moagem em uma indústria cerâmica é o moinho de bolas. Ele consiste em um tambor rotativo revestido, carregado com elementos moedores e com o material a ser moído. O tambor tem forma cilíndrica, sendo que seu diâmetro nunca é maior que seu comprimento e o revestimento utilizado é geralmente de borracha. Os elementos moedores são esferas de sílex, porcelana ou alumina, com diferentes diâmetros, que são responsáveis efetivamente pela ação de moagem neste tipo de moinho [1,2,3].

### **II.1.2 - Dinâmica e Cinemática da Moagem em um Moinho de Bolas**

No início de sua utilização, toda a operação e o funcionamento de um moinho de bolas era governado exclusivamente por regras empíricas. Estudos recentes [1], aplicaram as leis da física relacionadas a cinemática e a dinâmica dos corpos, com o objetivo de determinar as condições de operação para que o moinho funcionasse no seu máximo de eficiência.

Do ponto de vista físico, um moinho nada mais é do que um equipamento que utiliza energia mecânica de movimento para triturar partículas do material a ser moído. A energia é utilizada em certa parte para romper as forças coesivas do material, além de ser consumida também na forma de energia térmica e sonora, devido ao atrito e aos impactos que ocorrem no interior do moinho [1,2,3]. Obviamente um moinho trabalhará no seu máximo de eficiência quando a energia utilizada para romper as forças coesivas seja máxima e a energia transformada em calor e som seja mínima.

Para determinar as condições ótimas de operação de um moinho faz-se necessário determinar que parâmetros atuam realmente no processo e quais deles devemos controlar.

### Cinemática - A Velocidade de um Moinho

Quando um moinho gira, estão acopladas a ele dois tipos de velocidades que são características de um movimento circular uniforme, sendo elas (vide fig. 2.1):

- a) Velocidade de Rotação ( $n$ ): que é constante, sendo expressa em RPM;
- b) Velocidade Tangencial ( $v$ ): que é expressa em m/min. e depende do diâmetro e da velocidade de rotação seguindo a expressão,  $v = \pi \cdot D \cdot n$  (equação 2.1).

Com isso pode-se concluir que toda a carga de elementos moedores de um moinho está sujeita a uma velocidade de rotação constante, possui uma velocidade tangencial que aumenta do centro em direção a parede do moinho.

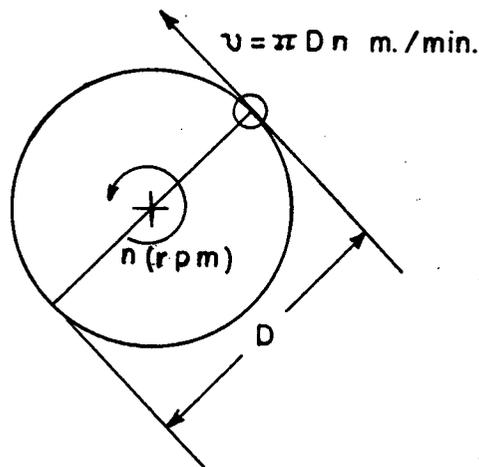


Figura 2.1 Velocidade de rotação e tangencial no moinho.

## Dinâmica - Forças que Atuam na Moagem

Todo o corpo que gira em movimento circular está sujeito a dois tipos de forças que dele são característicos, sendo (vide fig. 2.2):

a) Força Gravitacional ( $P$ ): que nada mais é do que a força peso,  $P = m \cdot g$  (equação 2.2), que atua sobre a carga do moinho fazendo com que tanto os elementos moedores quanto o material a ser moído tendam a permanecer na parte inferior do mesmo.

b) Força Centrífuga ( $f_c$ ): que é uma força que atua na direção radial ao movimento fazendo com que o corpo tenda a se afastar do centro da órbita circular. Esta força é proporcional a massa do corpo e a sua aceleração centrípeta (na direção do centro da órbita), segundo a equação  $f_c = m \cdot a_c$  (equação 2.3). A aceleração centrípeta depende da velocidade tangencial do corpo e do raio da órbita, seguindo a expressão,  $a_c = v^2 / R$  (equação 2.4).

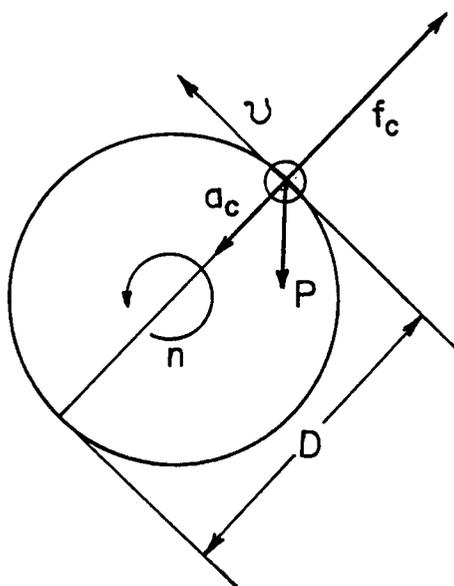


Figura 2.2: Forças centrífuga e gravitacional no moinho.

Logo, a carga de elementos moedores de um moinho está sempre sujeita a uma força peso que é constante e a uma força centrífuga que aumenta do centro em direção a periferia.

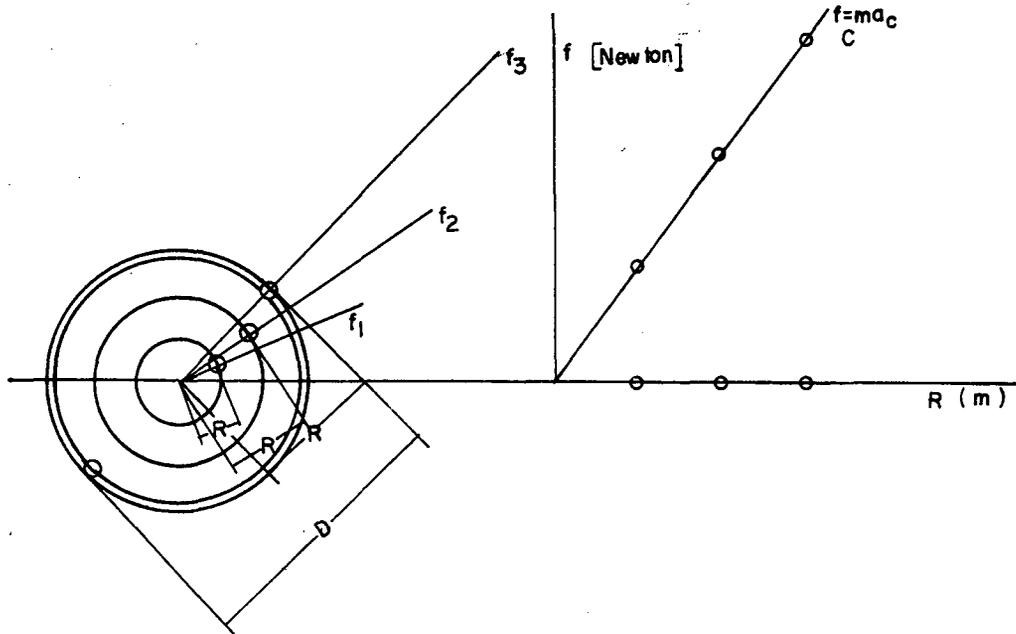


Figura 2.3: Variação da força centrífuga com o raio do moinho.

### Mecanismo da Moagem - O Efeito Cascata

Na operação de um moinho de bolas, que gira com uma determinada velocidade de rotação, a ação combinada das forças que atuam no processo produzem um movimento no conjunto dos elementos moedores denominado, "movimento de cascata" [1,2,3].

Podemos tomar como ponto de partida para esclarecer este fenômeno uma esfera de elemento moedor no interior de um moinho parado. Neste ponto, a esfera está sujeita apenas a força gravitacional. Mas, quando o moinho adquire uma certa velocidade de rotação, começa a atuar sobre ela a força centrífuga, além desta adquirir uma certa velocidade tangencial. A força centrífuga tenderá a empurrar a esfera contra a parede do moinho, a velocidade tangencial fará com que ela seja erguida a um determinado ponto que forma um ângulo  $\Phi$  com a horizontal,

enquanto que a componente da força peso  $m \cdot g \cdot \cos \Phi$  fará com que ela retorne a posição original.

Com o aumento da velocidade de rotação do moinho, a esfera será erguida a ângulos cada vez maiores até que ela atinja um determinado ângulo  $\alpha$ , denominado "ângulo de quebra", onde a componente de peso ( $m \cdot g \cdot \sin \alpha$ ) se iguala a força centrífuga (vide fig. 2.4). A partir daí a esfera não estará mais em contato com a parede do moinho, podendo então insira um movimento parabólico em direção ao centro do mesmo. Tal movimento ocorre em virtude da esfera possuir uma velocidade tangencial e sua trajetória parabólica é devida a que a componente de peso ( $m \cdot g \cdot \cos \alpha$ ) tende a desacelerá-la, enquanto que a componente ( $m \cdot g \cdot \sin \alpha$ ) que supera a força centrífuga a partir do ângulo  $\alpha$ , tende a empurrá-la em direção ao centro do moinho. Com isso a esfera é arremessada a um determinado ângulo  $\beta$ , denominado "ângulo de cascata".

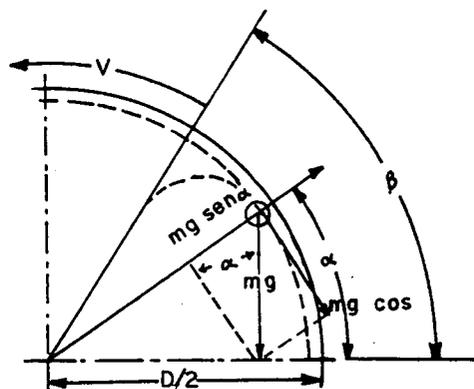


Figura 2.4: Ângulo de Quebra e de Cascata.

Passando agora a pensar não mais numa esfera, mas no conjunto de elementos moedores de um moinho e sabendo que a aceleração centrípeta cresce do seu centro em direção a periferia, é fácil notar que as esferas colocadas mais próximas ao centro do moinho serão arremessadas a ângulos de quebra cada vez menores, sendo envolvidas pelas esferas da periferia. Isto faz imprimir um movimento cíclico no conjunto de elementos moedores, onde eles partem da parte

inferior do moinho, atingem uma determinada altura e retornam a posição original, sempre com o rolamento recíproco de uns em relação aos outros. A esse movimento dá-se o nome de "movimento de cascata" que é responsável por toda a ação de moagem no interior do moinho.

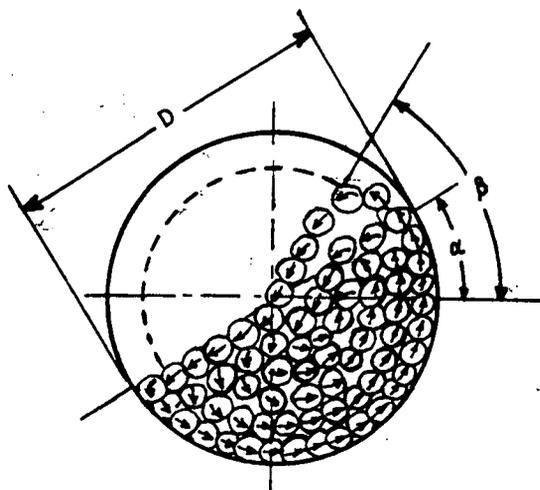


Figura 2.5: "O Efeito Cascata".

A eficiência da ação de moagem vai depender diretamente do ângulo de cascata que o conjunto de elementos moedores apresentar, ou seja, da velocidade de rotação que o moinho operar (vide fig. 2.6) [1]. Quando o ângulo  $\beta$  for menor que  $45^\circ$  ( $a_c < g$ ) a ação de moagem será muito pobre, já que apenas os elementos moedores da periferia deslizarão sobre o revestimento do moinho. A eficiência será máxima, quando  $\beta$  estiver entre  $45^\circ$  e  $60^\circ$  ( $a_c = 60\%.g$ ), pois, neste caso, haverá moagem por impacto das esferas que caem da cascata do moinho, além da moagem por atrito de umas em relação as outras. Para ângulos em torno de  $90^\circ$  ( $a_c = g$ ), haverá a centrifugação parcial dos elementos moedores mais próximos a parede do moinho. As esferas mais internas cairão como em uma "catarata" sobre o revestimento do moinho, tornando a moagem mais eficiente mas com a desvantagem de aumentar bastante o desgaste dos elementos moedores e do

revestimento do moinho. Com ângulos maiores que  $90^\circ$  ( $a_c > g$ ) ocorrerá a centrifugação total das esferas não se tendo com isso nenhuma ação de moagem.

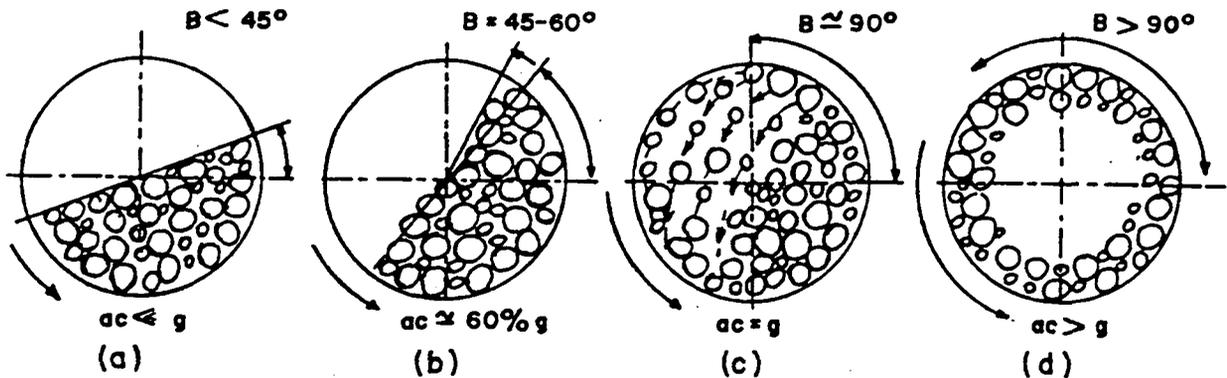


Figura 2.6: Efeito da Velocidade de Rotação no Ângulo de Cascata.

Existe então uma velocidade de rotação crítica para um moinho, que é aquela onde se nota o início da centrifugação de seus elementos moedores. Neste caso, a aceleração centrípeta das esferas da periferia se iguala a aceleração da gravidade, impedindo que elas deixem de se manter em contato com a parede.

Podemos calcular a velocidade de rotação crítica ( $n_c$ ) da seguinte forma:

Sabemos que:  $a_c = g$

Mas da eq. 2.4:  $a_c = v^2 / R$

Usando a eq. 2.1:  $v = \pi \cdot D \cdot n$

Substituindo as equações na igualdade e transformando a aceleração da gravidade para  $m/min^2$  temos :

$$n_c = 42,3 / (D)^{1/2} \quad \text{Equação 2.5}$$

### II.1.3 - Condições de Operação de um Moinho de Bolas

Para se determinar as condições ótimas de operação de um moinho de bolas deve-se definir sua velocidade de rotação, sua carga de elementos moedores, a distribuição de tamanho das esferas dos elementos moedores e a carga do material a ser moído para que o tempo de moagem e a potência consumida na operação sejam mínimos [1,2,3].

Devido a grande dificuldade de se fazer uma simulação matemática do fenômeno da moagem, pois o número de variáveis envolvidas é muito grande, a determinação dos parâmetros acima mencionados só pode ser feita utilizando-se a técnica experimental [1].

#### Velocidade de Rotação Ótima

A velocidade de rotação crítica é um parâmetro muito importante para a determinação da velocidade de rotação ótima de um moinho. Tal importância pode ser provada experimentalmente.

Quando a velocidade de rotação de um moinho é aumentada em relação a sua velocidade crítica, o tempo de moagem, de um determinado material, decresce até um determinado limite, quando então volta a crescer indefinitivamente (vide fig. 2.7) [1]. Este fenômeno é facilmente explicável, já que quando se está próximo a velocidade crítica inicia-se a centrifugação dos elementos moedores, impedindo que eles possam atuar na moagem.

Estudos mostram [1,3] que o tempo de moagem será mínimo, quando a velocidade estiver em torno de 80% do seu valor crítico. Entretanto, este valor ainda não pode ser considerado como ótimo pois deve-se minimizar ainda a potência consumida no impacto e no atrito entre os elementos moedores.

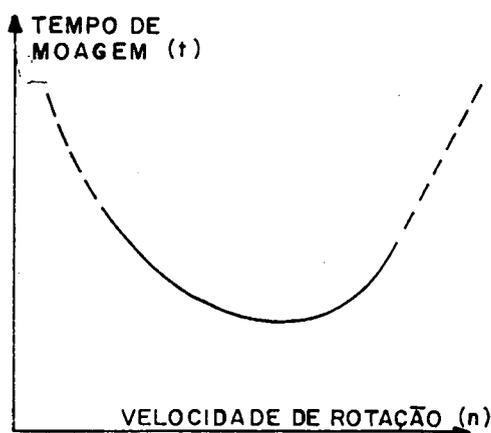


Figura 2.7: Influencia da Velocidade de Rotação no Tempo de Moagem.

O incremento de velocidade de rotação ocasiona alterações no movimento e na distribuição dos elementos moedores de um moinho (vide fig. 2.8). A literatura mostra [1] que para velocidades de até 65% do valor crítico, o movimento e a distribuição dos elementos moedores se mantêm dentro do normal. Nota-se um movimento de cascata, com as esferas de maior diâmetro colocadas na periferia e as menores distribuídas no seu interior. Para velocidades em torno de 75% a 85% do valor crítico o movimento de catarata começa a aparecer e a distribuição das esferas passa a concentrar as de maior diâmetro na parte central, as de tamanho médio numa parte intermediária e as menores dispostas na periferia do moinho. O efeito catarata aumenta o número de impactos contra a parede do moinho e a presença de esferas de menor diâmetro; junto a parede do mesmo, aumenta o atrito devido a existência de um maior número de pontos de contato, aumentando assim a potência consumida.

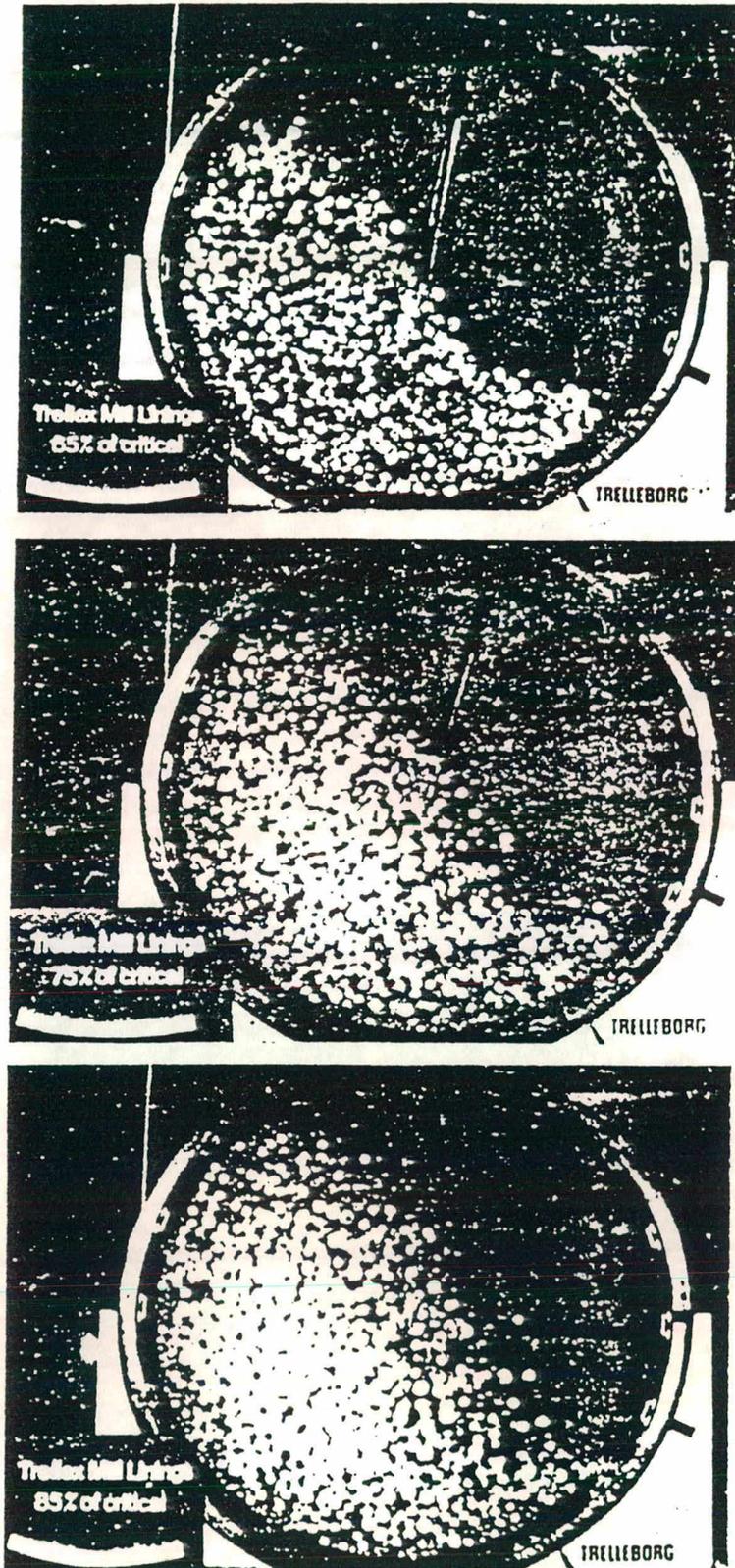


Figura 2.8: Variação do Movimento e da Distribuição os Elementos Moedores em Função da Velocidade de Rotação (Esferas Brancas = Grandes, Esferas Cinzas = Médias e Esferas Pretas = Pequenas).

Ponderando as considerações apresentadas, a literatura mostra [1,2,3] que a velocidade de rotação ótima de um moinho de bolas, que opera uma moagem a úmido, deve oscilar em torno de 50% a 65% do seu valor crítico.

### A Carga de Elementos Moedores

A carga de elementos moedores de um moinho deve ocupar um certo percentual do seu volume livre ( $V_l$ ) para o qual seja minimizado tanto o tempo de moagem quanto a potência consumida na sua operação. A figura 2.9, mostra como evolui a potência consumida e o tempo de moagem com o aumento do volume aparente de elementos moedores ( $V_e$ ).

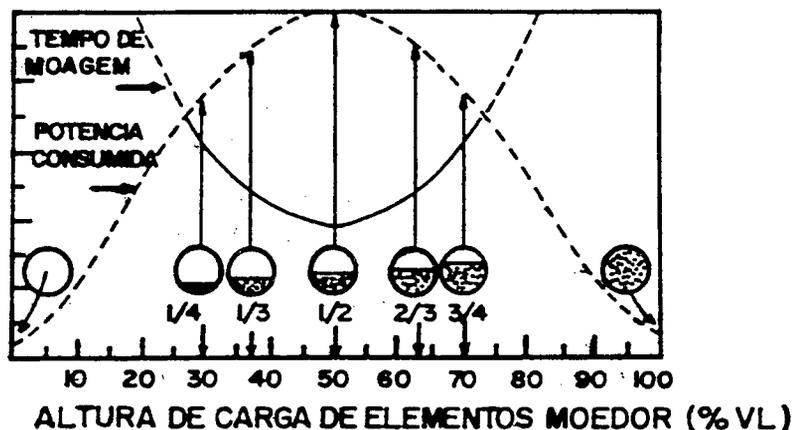


Figura 2.9: Potência Consumida e Tempo de Moagem em Função do Volume de Elementos Moedores.

Um aumento do volume aparente de elementos moedores não necessariamente ocasiona sempre uma redução no tempo de moagem [1]. A partir de um momento ( $V_e > 0,5.V_l$ ), a quantidade de esferas é tão grande que impede a formação do movimento de cascata, responsável pela ação de moagem. Da mesma maneira, para a potência consumida, quando a moagem deixa de crescer em eficiência ( $V_e > 0,5.V_l$ ) deixa-se de consumir a energia necessária para triturar o material a ser moído e a potência consumida volta a diminuir.

Por tudo isso, hoje, em dia é universalmente recomendada a utilização de um volume aparente de elementos moedores de 50% a 55% do volume livre do moinho. Para moinhos de maior capacidade, como no caso dos usados nas indústrias cerâmicas, admite-se a utilização de um volume de 1/3 do volume livre, pois a utilização de um volume maior ocasionaria problemas quando da sua entrada em operação [1]. O centro de gravidade do moinho se posicionaria muito abaixo do seu centro geométrico e o motor elétrico de acionamento do moinho não conseguiria dar a partida.

### **Distribuição de Tamanho dos Elementos Moedores**

Para a composição de uma carga de elementos moedores, a literatura [1] diz que deve-se usar de 3 a 5 tamanhos de esferas com uma proporção adequada de cada uma delas. O maior e o menor tamanho dependerão do tamanho das partículas que devem ser trituradas e do "afinamento" que se deseja do material, respectivamente. As esferas de maior diâmetro serão responsáveis pela moagem por impacto do material mais grosseiro enquanto que as menores moerão por atrito o material mais fino. A quantidade relativa de esferas de cada diâmetro dependerá da distribuição granulométrica inicial e do afinamento desejado, ou seja, quanto maior a quantidade de grossos maior será a quantidade de esferas grandes e quanto maior o afinamento maior a quantidade de esferas pequenas. Estas últimas, se usadas em maior quantidade aceleram o processo de moagem, já que possuem uma superfície específica (superfície total das esferas / volume total de esferas) maior do que as de maior diâmetro, além de possuir em um maior número de ponto de contato quando agrupadas.

Então, o tamanho e a distribuição de tamanho das esferas de elementos moedores dependem muito de cada operação de moagem, porém, de uma maneira geral pode-se dizer que na preparação de uma carga de elementos moedores deve-se usar esferas de 20 a 60 mm de diâmetro com a seguinte distribuição [1]:

- 20% de esferas com de 20 a 30 mm
- 30% de esferas com de 30 a 40 mm
- 30% de esferas com de 40 a 50 mm
- 20% de esferas com de 50 a 60 mm

### **A Carga do Material a ser Moído**

A quantidade mínima de material com que se deve carregar um moinho obedece uma regra muito simples. O volume de material deve ser o suficiente para que sejam preenchidos os espaços vazios existentes entre os elementos moedores, caso contrário, estes ficarão em contato direto de uns contra os outros resultando no seu desgaste acentuado, numa grande perda de energia na forma de calor e na possível contaminação do material a ser moído.

Estudos mostram [1] que o empacotamento aleatório de esferas, dentro da faixa de diâmetros apresentados anteriormente, possui um volume de espaços vazios na ordem de 40% do seu volume aparente. Como o volume de elementos moedores em um moinho está em torno de 50% a 55% do seu volume útil, o volume mínimo de carga de material a ser moído é de 20% a 22% do volume útil.

Em relação a quantidade máxima de material a ser moído, é regra geral que o moinho deve permanecer no mínimo com 25% do seu volume livre isento de material. Logo, pode-se carregar, no máximo, um moinho com 45% de seu volume útil.

## **II.2 – O CONTROLE DO PROCESSO DE MOAGEM**

### **II.2.1 - Introdução**

O problema mais importante a ser resolvido na operação de um moinho, é a determinação de até que ponto o material nele carregado está realmente moído. O produto para ser descarregado deve possuir, então, características pré-determinadas quanto ao seu afinamento e a sua distribuição de tamanho de

partículas. Assim, acompanhando-se a evolução destas características ao longo do tempo de moagem do material, pode-se determinar como a moagem evolui e quando foi completada.

O controle da distribuição de tamanho das partículas de uma "massa" para fabricação de produtos cerâmicos, juntamente com outras características como a forma e o estado de agregação das partículas, são de fundamental importância na obtenção de um produto acabado de boa qualidade. Então é fundamental que se faça um controle da distribuição de tamanho de partículas das matérias primas utilizadas, para que tendo-se um processo de moagem controlado, possa ser produzida uma massa cerâmica com uma distribuição de tamanho de partículas constante.

Pode-se realizar a medição do tamanho de partículas, de um dado material, utilizando-se vários procedimentos baseados em diferentes princípios físicos [4,5,7]. A utilização de cada um desses procedimentos depende do tamanho das partículas e de algumas propriedades do material a ser analisado, como, sua densidade e seu índice de refração.

### **II.2.2 - A Definição do Tamanho de Partícula**

As partículas sólidas constituintes das matérias primas cerâmicas apresentam uma grande variedade de formas e de estados de agregação. Então, para definirmos um tamanho para a partícula devemos associá-la a uma forma ideal, geralmente a esférica, que possui uma dimensão característica [5,7]. Neste caso, o tamanho da partícula será descrito pelo diâmetro da esfera que possui características equivalentes de volume, superfície, área projetada, velocidade de sedimentação das partículas cujo o tamanho se deseja determinar. A tabela 2.1 apresenta os vários diâmetros equivalentes aos quais estão associados o tamanho de uma partícula irregular [5,7].

SÍMBOLO	NOME	DEFINIÇÃO
$d_v$	Diâmetro Volumétrico	Diâmetro da esfera com o mesmo volume da partícula.
$d_s$	Diâmetro Superficial	Diâmetro da esfera com a mesma área superficial da partícula.
$d_p$	Diâmetro da Peneira	Tamanho da abertura da peneira onde passaria a partícula
$d_{st}$	Diâmetro de Stokes	Diâmetro da esfera que apresentaria a mesma velocidade de sedimentação da partícula
$d_a$	Diâmetro de Área	Diâmetro da circunferência que possui a mesma área projetada que a partícula.

Tabela 2.1: Diâmetros Equivalentes e sua Definição

### Curvas de Distribuição de Tamanho de Partículas

Uma amostra na forma de pó, como no caso das matérias primas cerâmicas, é formada por uma numerosa quantidade de partículas individuais que tendem a possuir uma distribuição contínua de tamanhos compreendidos entre um intervalo de dimensão.

Medindo-se a percentagem de partículas que se apresentam com um determinado tamanho, dentro do intervalo, obtêm-se uma curva de distribuição de tamanho denominada distribuição de freqüência [4,5,6,7]. A percentagem pode ser medida levando-se em consideração o número, o volume, a superfície e a massa de partículas que possuem um determinado tamanho em relação ao total.

Num gráfico dos valores de freqüência versus o diâmetro equivalente das partículas obtêm-se, na grande maioria das vezes, uma curva assimétrica como mostra a figura 2.10. A curva apresenta uma tendência central, onde aparecem os três tamanhos mais importantes nesse tipo de distribuição. O tamanho modal (moda) que é aquele em que as partículas aparecem em maior quantidade, o tamanho mediano que é aquele em que 50% das partículas tem tamanho superior ou inferior a ele e o tamanho médio que é calculado estatisticamente [4,7]. A assimetria da

função distribuição pode ser corrigida utilizando-se uma escala logarítmica para o tamanho, podendo transformar a curva em uma distribuição normal com os três tamanhos centrais sobrepostos.

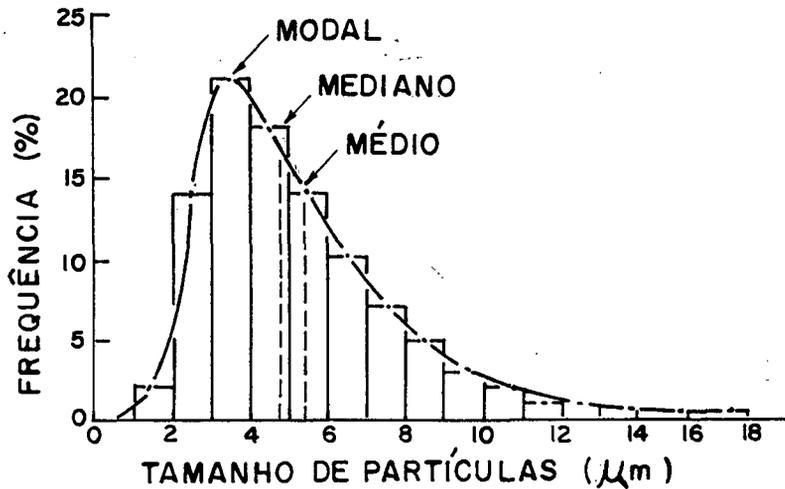


Figura 2.10: Curva de Distribuição Granulométrica de Frequência

O outro tipo de curva de distribuição de tamanho utilizado freqüentemente é a distribuição acumulativa [4,5,6,7]. Nela é colocada a percentagem total de partículas que apresentam um tamanho inferior ou superior a um determinado diâmetro equivalente, podendo ser obtida através da integração da curva de distribuição de freqüência dentro dos vários intervalos de diâmetro que ela apresenta. Cada diâmetro terá uma certa percentagem da área abaixo da curva de distribuição de freqüência. Da mesma forma, fica claro que a diferenciação da curva de distribuição acumulativa produz a distribuição de freqüência, como mostra a figura 2.11 [7].

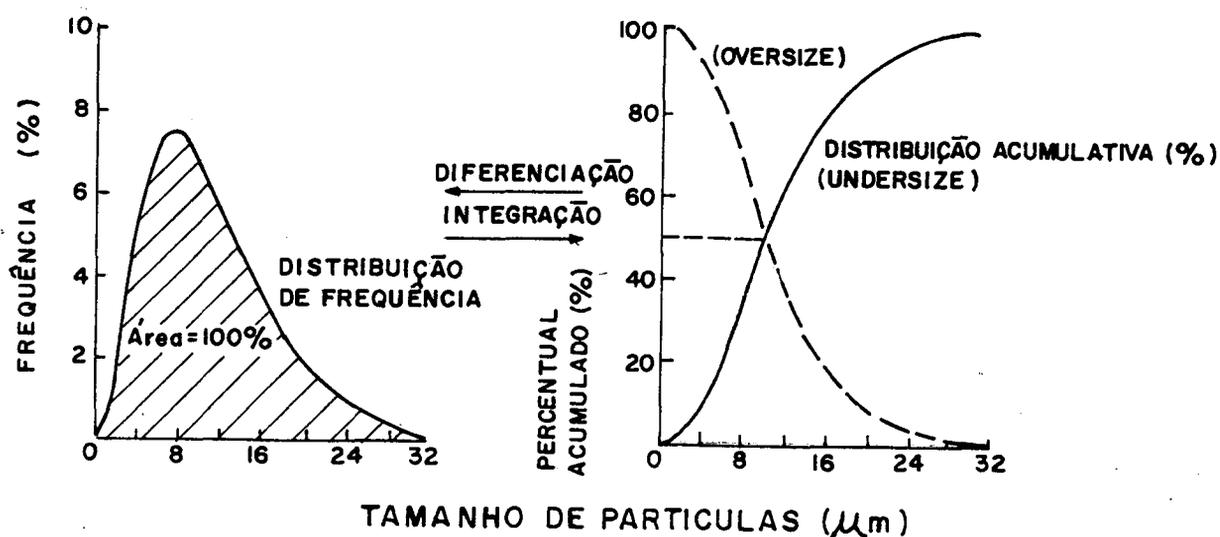


Figura 2.11: Correlação entre as Curvas de Distribuição de Frequência e Acumulativa.

Para concluir, pode-se afirmar que a distribuição de frequência dá uma boa ilustração do espectro de tamanho da distribuição enquanto que a distribuição acumulativa a caracteriza quantitativamente [4,5,7].

### II.2.3 - Técnicas de Análise Granulométrica

A literatura [5,7] apresenta os mais variados tipos de métodos de análise granulométrica, os quais registram a resposta das partículas a serem analisadas a um determinado fenômeno físico. As características das partículas que são utilizadas na determinação de seu tamanho são; sua velocidade de decantação em um líquido; suas propriedades dielétricas; o seu comportamento quanto a dispersão de um feixe de luz monocromática; sua superfície específica; além de tantas outras. Como raramente as partículas de materiais cerâmicos são esféricas e, em alguns casos, podem apresentar grande irregularidade o seu comportamento em cada método de análise torna-se bem diferenciado [5]. Cada método utiliza uma determinada característica da partícula para a obtenção do seu diâmetro, logo, pode-se obter

diferentes resultados de curvas de distribuição de tamanho para os diferentes métodos de análise utilizados.

A tabela 2.2 [5] apresenta as técnicas mais utilizadas na análise granulométrica de materiais cerâmicos, os fenômenos físicos em que se baseiam, o diâmetro equivalente aos quais se associam o tamanho da partícula, o tipo de distribuição obtida, os intervalos de tamanho em que são aplicáveis e as vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas.

TÉCNICA UTILIZADA	DIÂMETRO EQUIVALENTE	INTERVALO DE APLICAÇÃO	TIPO DE DISTRIBUIÇÃO	PROBLEMAS
Peneiramento	$d_p$	4000 a 37 $\mu\text{m}$	Em massa	- Influência do operador. - Normalização das telas. - Desgaste das telas
Sedimentação (Pipeta de Andreasen)	$d_{st}$	60 a 0,02 $\mu\text{m}$	Em massa	- Suposição de partículas esféricas. - Ensaio muito demorado.
Contador	$d_v$	200 a 0,8 $\mu\text{m}$	Em volume	- Interação do sólido com a solução de eletrólito
Difração Laser	$d_a$	300 a 0,1 $\mu\text{m}$	Em volume	- Suposição de partículas esféricas. - Interações luz-partículas < 1 $\mu\text{m}$
Microscopia com análise de imagens	$d_a$	> 0,5 $\mu\text{m}$	Em número	- Necessita-se medir grande quantidade de partículas

Tabela 2.2: Técnicas de Análise Granulométrica para Materiais Cerâmicos

## II.3 – PRORIEDADES COLOIDAIS E REOLÓGICAS DAS DISPERSÕES DE MATERIAIS CERÂMICOS

### II.3.1 - Introdução

Durante o processo de moagem, forma-se no interior do moinho uma dispersão de partículas sólidas insolúveis em um meio aquoso. O grau de dispersão das partículas e as características reológicas da dispersão são afetados significativamente pelo processo de moagem e vice versa. Com relação ao grau de dispersão crescente de um sólido insolúvel em um meio aquoso, podemos classificar as dispersões em [8]:

- a) Dispersões Grosseiras: são constituídas por partículas dispersas com diâmetro, ou alguma de suas dimensões, superior a  $0,1 \mu\text{m}$ . A dispersão só é mantida sob agitação, do contrário as partículas decantam sob a ação da gravidade;
- b) Dispersões Coioidais: são constituídas por partículas com uma das dimensões entre  $0,1 \mu\text{m}$  a  $0,001 \mu\text{m}$ . Quando dispersas chamam-se "sois", quando decantadas denominam-se "precipitados coioidais", se forem rígidas e elásticas chamam-se "géis" e se forem plásticas e viscosas denominam-se "pastas" ou "massas gelatinosas";
- c) Dispersões Moleculares ou Soluções Verdadeiras: são formadas por partículas com diâmetro inferior a  $0,001 \mu\text{m}$ . As partículas estão praticamente dissolvidas.

A maior parte das matérias primas cerâmicas é formada por partículas com dimensões características para a formação de uma dispersão grosseira, porém, existe um tipo específico, as argilas, que são constituídas normalmente por microcristais com dimensões nunca superiores a  $5 \mu\text{m}$  e que atingem, em sua grande maioria, as dimensões coioidais [8,9].

Nesta seção, trataremos das características coloidais das dispersões de argilas e das características reológicas das dispersões de materiais cerâmicos.

### **II.3.2 - Propriedades Coloidais do Sistema Argila e Água**

Uma das propriedades físicas mais importantes em uma dispersão coloidal é a tendência que suas partículas sólidas têm de se agregarem, fazendo com que uma dispersão partindo de um "sol" estável, possa assumir a forma de um "precipitado gelatinoso" ou de um "gel" (dispersão desestabilizada) [7,8]. As partículas de uma substância sólida suspensas em um líquido estão animadas por um movimento desordenado e incessante denominado "movimento Browniano" [7,8,9]. A partir deste movimento uma partícula pode se aproximar de outra, e a estabilidade de uma dispersão coloidal se determina pela interação de atração ou repulsão entre as partículas durante estas aproximações [7,8,9].

Vejam os alguns conceitos que são necessários para a compreensão de quando há a atração ou repulsão entre partículas para o sistema argila e água.

#### **A Dupla Camada Iônica**

Uma partícula de argilomineral tem por natureza em sua superfície uma carga elétrica negativa. A existência desta carga pode ser provada pelo fenômeno da eletroforese pois, quando aplicamos um campo elétrico a uma dispersão de argila em água, as partículas de argilomineral migram para o eletrodo positivo com o qual aplica-se o campo [7,8,9]. A origem da carga negativa pode ser atribuída as seguintes causas [8,9]:

- a) A existência de ligações químicas partidas ao longo das arestas da partícula de argilomineral;
- b) A presença de valências não saturadas, devidas a substituição de íons de mesma estrutura (isomorfos) mas de cargas diferentes na estrutura cristalina do argilomineral (Ex:  $\text{Si}^{+4}$  por  $\text{Al}^{+3}$  ou  $\text{Mg}^{+2}$ ).

Outra característica importante de uma argila é que, em seu estado natural, ela possui água preenchendo os vazios entre suas partículas e nela estão dissolvidos uma quantidade de íons positivos do tipo  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  e etc. Logo, uma partícula de argilomineral que possui uma carga residual negativa estará rodeada por íons de carga positiva que tentarão neutralizá-la [8]. Quando então é feita a dispersão de um argila em água, tem-se a formação de uma dupla camada iônica em que nela, a camada negativa na superfície do argilomineral é circundada por íons positivos (íons contrários ou counter ions), os quais não estão diretamente ligados a estrutura do argilomineral, estando apenas adsorvidos [7,8,9].

A primeira hipótese para a formação da dupla camada iônica foi proposta por Helmholtz [8] e serviu durante muito tempo de base para o estudo das propriedades elétricas dos sistemas coloidais. Segundo ele, todas as partículas coloidais possuem uma dupla camada iônica rígida, equivalente a um capacitor de placas paralelas, possuindo uma diferença de potencial entre as duas camadas (vide fig. 2.12). O conceito de Helmholtz da dupla camada rígida, embora permitisse a explicação qualitativa de muitos fenômenos coloidais estava sujeito a muitas críticas. A partir daí, Gouy, Chapman e Stern [8,9] fizeram uma reformulação do conceito da dupla camada iônica, imaginando-a agora como uma dupla camada iônica difusa. Para eles, os counter ions não estavam mais rigidamente ligados a partícula, mas a sua concentração é máxima nas proximidades da partícula e esta decresce exponencialmente com o aumento da distância (vide fig. 2.12). Com isso, o potencial elétrico também decresce exponencialmente a medida que nos afastamos da partícula.

Porém, o modelo moderno da estrutura da dupla camada iônica é um híbrido entre os dois anteriores, denominado modelo da dupla camada iônica fixa e difusa (Modelo Coloidal) [7]. Segundo esse modelo, existe uma camada de counter ions rigidamente adsorvida a superfície, chamada camada de Stern, e uma camada difusa de counter ions, que inicia a uma certa distância da camada de Stern (vide fig. 2.13).

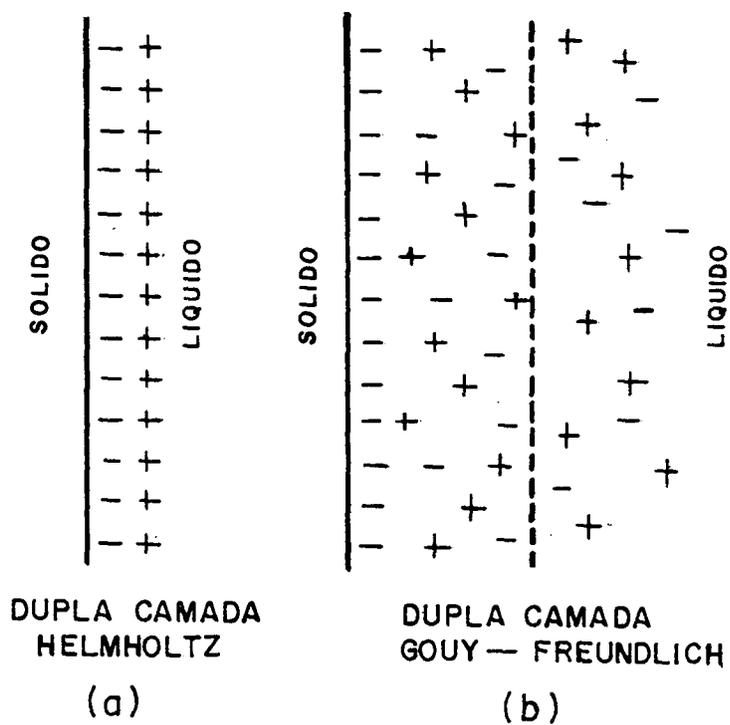


Figura 2.12: A Dupla Camada Iônica Rígida (Helmholtz) e a Dupla Camada Difusa (Gouy e Chapman) [9].

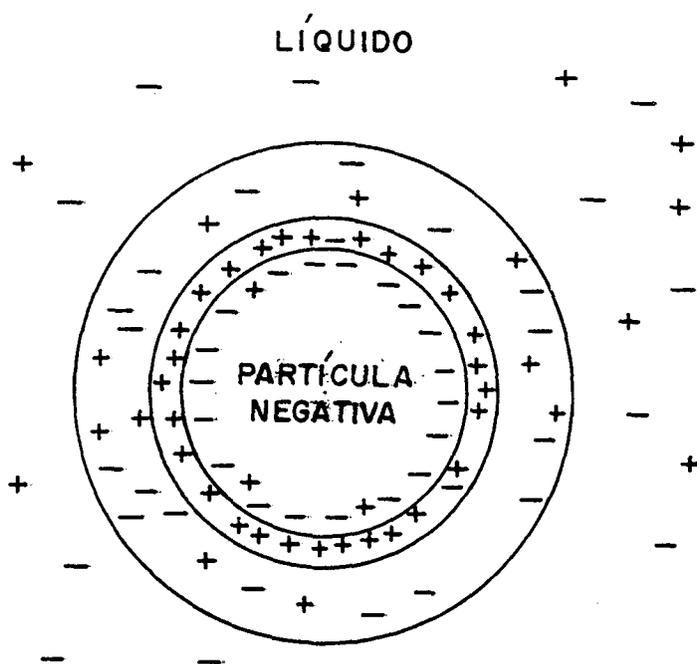


Figura 2.13: A Dupla Camada Iônica Rígida e Difusa (O Modelo Coloidal).

## O Potencial Zeta

Assumindo o modelo da dupla camada fixa e difusa, a evolução do potencial elétrico ao longo da dupla camada é mostrada na figura 2.14 [9]. A partícula sólida possui em sua superfície um potencial elétrico indicado por A, proveniente das cargas negativas características de uma partícula de argila. Observa-se que, na parte fixa da dupla camada iônica há uma variação muito brusca do potencial elétrico (AC) devido a presença dos counter ions adsorvidos a partícula. Já a variação do potencial (CB) na camada difusa é gradual, pois a concentração dos íons nessa região diminui gradualmente de acordo com a distância de afastamento.

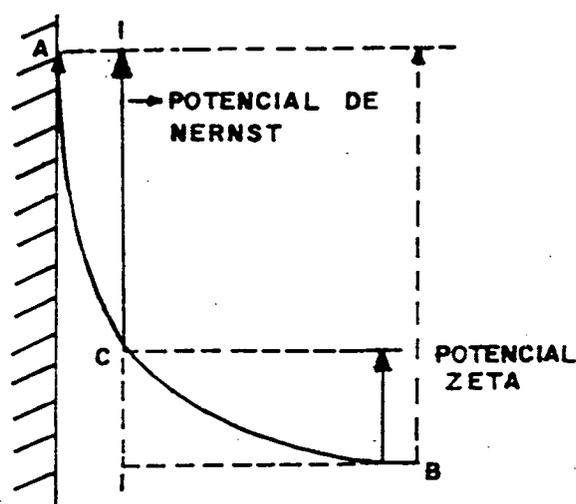


Figura 2.14: A Evolução do Potencial Elétrico ao Longo da Dupla Camada Rígida e Difusa, O Potencial de Nernst e o Potencial Zeta.

A diferença de potencial existente na camada fixa (AC) da dupla camada, define o " potencial de Nernst" enquanto que a diferença de potencial entre a camada fixa e a camada difusa define o "potencial Zeta" ou "potencial Eletrocinético" [7,8,9]. Este último é particularmente importante no estudo das dispersões coloidais de argila e pode ser calculado pela formula:

$$Z = (4 \cdot \pi \cdot d \cdot q) / D \quad \text{Equação 2.6}$$

Onde: Z = Potencial Zeta

d = Espessura da Dupla Camada Iônica

q = Carga Superficial da Partícula

D = Constante Dielétrica do Meio

Para as dispersões coloidais em geral, o potencial zeta pode assumir tanto valores positivos quanto negativos, dependendo da carga existente na partícula coloidal. No caso das argilas, o potencial zeta é sempre negativo, pois suas partículas estão carregadas negativamente. Logo, a magnitude do potencial zeta avalia quantitativamente as forças de repulsão existentes entre as partículas do sistema coloidal argila e água. Quanto maior o valor absoluto do potencial zeta, maiores serão as forças de repulsão, traduzindo em uma maior dispersão das partículas da argilas no meio aquoso.

A adição de alguma substância no meio eletrólito (água mais íons dissolvidos) apesar de não poder alterar marcadamente o potencial de Nernst da partícula coloidal, pode influir significativamente em seu potencial zeta [9]. A adição de diferentes eletrólitos no meio aquoso determina os diversos comportamentos de uma argila quando em presença de água.

### **A Capacidade de Troca Catiônica**

Os cátions (íons positivos) que circundam uma partícula de argila, como já foi dito anteriormente, estão adsorvidos superficialmente a ela e não fazem parte do retículo cristalino do argilomineral. Então, estes íons podem ser permutados por outros mediante uma reação química. A facilidade da reação dependerá da natureza particular das forças com que os cátions estão adsorvidos, ou seja, do tipo de cátion, do seu estado de hidratação (solvatação), de sua dimensão e carga [8,9,10,11].

Cátions pequenos com grande carga são mais fortemente adsorvidos. Quando possuem o mesmo diâmetro, aquele que possuir maior valência será mais fortemente retido, enquanto que para uma igualdade de carga os menores

prevalecem [8,9]. Esta regra possui o íon  $H^+$  como exceção, pois ele apesar de ser pouco carregado, é o menor de todos os cátions e o mais fortemente adsorvível [8]. Quanto maior o grau de hidratação de um cátion maior o número de moléculas de água que o circundam e com isso, maior o impedimento para este ser adsorvido [9].

Hofmeister [9] propôs uma sequência para os cátions segundo uma ordem decrescente do seu grau de adsorção em um argilomineral. A sequência é apresentada abaixo:



O fato de um cátion estar mais ou menos fortemente ligado a uma partícula de argilomineral, fará com que ele se mantenha a uma certa distância que será tanto menor quanto maior for a força de adsorção. Esta distância de equilíbrio será maior para os cátions grandes e pouco carregados (Ex:  $Na^+$ ) e menor para os pequenos e fortemente carregados (Ex:  $Al^{+3}$ ), como mostra a figura 2.15 [9,10,11].

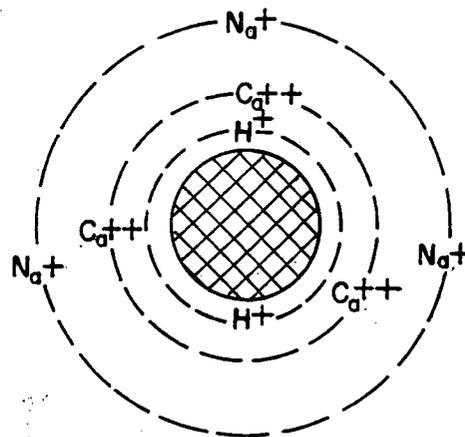


Figura 2.15: Os Cátions e suas Distância de Equilíbrio quando Adsorvidos a uma Partícula de Argilomineral.

De uma maneira geral, pode-se afirmar que o tipo e a quantidade dos cátions adsorvidos a uma partícula determinam as características e o comportamento da argila quando em dispersão coloidal. Fazendo--se a substituição dos cátions adsorvidos por outros, pode-se mudar este comportamento, já que a troca atua diretamente na alteração do potencial eletrocinético da partícula. Um cátion pode atuar no aumento ou na diminuição do potencial zeta de uma partícula em uma dispersão coloidal. Cátions polivalentes como o  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  atuam na diminuição do potencial zeta já que estão fortemente adsorvidos a partícula, diminuindo assim a espessura da dupla camada iônica [7,8,9,10,11]. Para os cátions monovalentes, como estão a uma distância relativamente grande da partícula do argilomineral, aumentam o potencial.

### **Floculação e Defloculação de Dispersões Coloidais**

Com base nos conceitos apresentados anteriormente, podemos agora dar um sentido mais preciso sobre a estabilidade de uma dispersão coloidal de argila. Quando a dispersão é estável com as partículas totalmente suspensas (sol), diz-se que ela está defloculada e quando a dispersão é desestabilizada, e as partículas tendem a formar aglomerados, a dispersão é dita floculada [8,9].

Como já dito anteriormente, quando duas partículas coloidais, animadas pelo movimento browniano, se aproximam uma da outra, estas se mantêm a uma certa distância que depende das forças de atração e repulsão existentes entre elas. A distância tenderá a diminuir devido as foças de Wan der Walls que aumentam com a sétima potência quando se diminui a distância . Em oposição, se manifestam as forças de repulsão devido a sobreposição dos campos elétricos (potencial zeta) existentes ao redor de toda partícula coloidal. A resultante dessas forças que dita qual a distância de equilíbrio enter as partículas.

A conclusão imediata que podemos obter, do que foi exposto é que o potencial zeta da partícula é o que determina se ela permanece suspensa ou se adere a outra e precipita. Existe então, um potencial zeta crítico que para valores superiores a ele prevalece a repulsão entre as partícula de uma dispersão coloidal, tornando-a defloculada e para valores inferiores, as partículas podem se aproximar umas das outras formando os grumos de uma dispersão floculada. A figura 2.16,

mostra como se apresentam as forças de interação entre as partículas em função da distância entre elas para uma dispersão floculada e defloculada. Nela A representa as forças de atração, R as de repulsão e T a força total resultante. No caso a) as forças de repulsão são maiores para distâncias maiores que um valor crítico  $r$  (dispersão defloculada) e no caso b) as forças de repulsão prevalecem a qualquer distância (dispersão floculada).

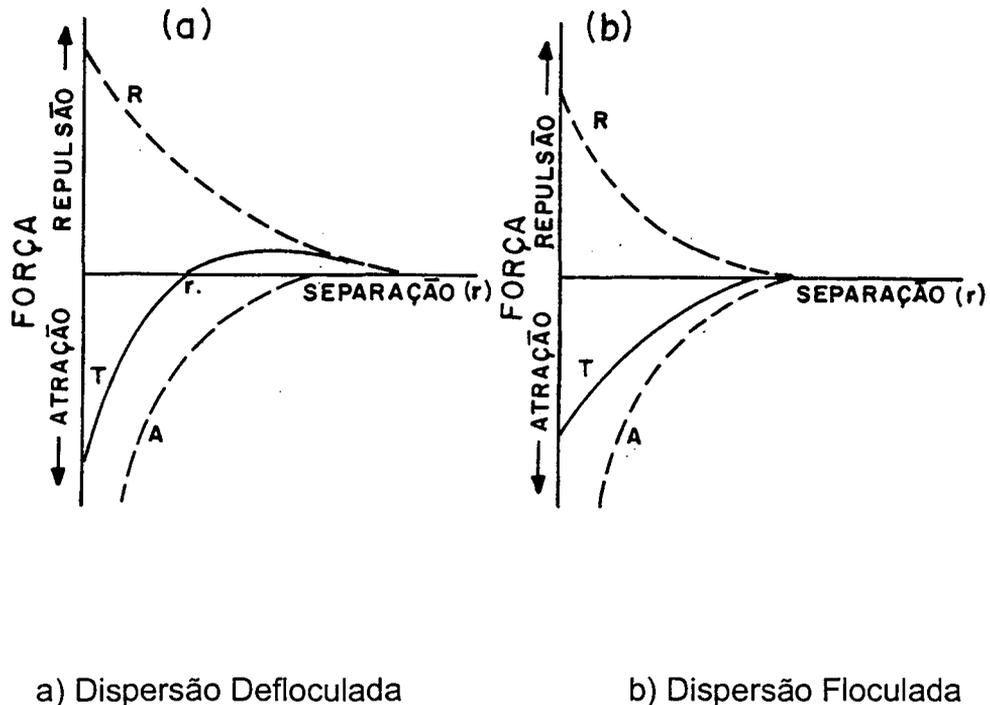


Figura 2.16: Forças de Interação entre Partículas Coloidais em Função da Distancia de Aproximação [9].

O potencial zeta de uma partícula pode ser alterado com a introdução de substâncias no meio dispersante alterando as condições da dispersão [8,9]. A essas substâncias dá-se o nome de floculantes ou defloculantes dependendo da sua atração. Ao adicionarmos um ácido a uma dispersão de argila e água, aumentamos a concentração dos íons  $H^+$  no meio eletrólito, o que favorecerá o fenômeno da troca iônica que tenderá a consumir o excesso dos íons adsorvendo-os na superfície da partícula. Os íons  $H^+$  sendo pequenos e pouco hidratados estão fortemente adsorvidos a partícula, diminuindo sua carga superficial e formando uma dupla camada iônica de pequena espessura. Logo, o potencial zeta das partículas da

dispersão sofrem uma grande redução e elas pela ação das forças de Van der Waals, se unirão e a dispersão então será floculada (vide fig. 2.17). Os ácidos possuem um forte poder floculante nas dispersões de argila.

A adição de uma base a uma dispersão pode levá-la tanto a floculação como a defloculação, dependendo da quantidade e do tipo da base adicionada. No caso de uma base monovalente como o NaOH, sua adição provoca um aumento no potencial zeta da partícula pois os íons  $\text{Na}^+$  sendo grandes, com pequena carga e muito hidratado, se mantêm fracamente adsorvidos à partícula argilosa, formando uma dupla camada muito espessa que não diminui muito a carga superficial da partícula. Por esta razão, as forças repulsivas tem um campo de atuação grande e se manifestam a uma distância onde as forças de atração são desprezíveis (vide fig. 2.17). Porém a adição de um excesso desse reagente ocasiona um forte aumento da concentração de íons  $\text{Na}^+$  ao redor da partícula e a carga negativa existente em sua superfície se manifesta de um modo menos pronunciado, fazendo com que o gradiente de potencial em torno da partícula diminua, provocando sua floculação. Este fenômeno é conhecido como "hiperdefloculação" ou "sobredefloculação". Resultados similares aos obtidos para o NaOH também são notados para alguns outros, como os fosfatos, polifosfatos, silicatos e carbonatos de sódio.

As bases polivalentes e seus sais derivados, formados por íons do tipo  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Ba}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ , adicionados ao eletrólito, conduzem normalmente a uma forte floculação, pois elas se dissociam pouco e seus cátions apresentam elevada carga. Os cátions se mantêm fortemente adsorvidos a partícula argilosa, reduzindo bastante sua carga, produzindo uma dupla camada de pequena espessura, redundando em uma diminuição do seu potencial zeta. Como a remoção desses cátions da superfície da partícula, por intermédio da troca iônica, é muito difícil, as argilas que possuem tais cátions em sua constituição natural são dificilmente defloculadas, como no caso das bentonitas cálcicas.

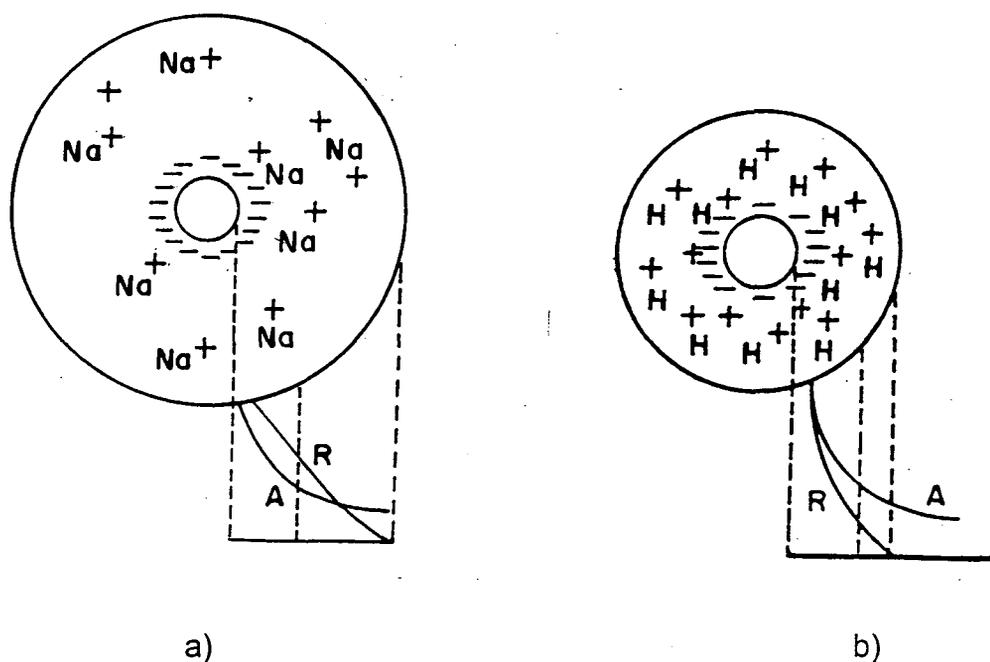


Figura 2.17: Condições de Flocculação (a) e Deflocculação (b).

### II.3.3 - A Reologia das Dispersões de Materiais Cerâmicos

A reologia é definida como a ciência que estuda a deformação e o escoamento da matéria em seus vários estados, incluindo o estudo das propriedades mecânicas dos gases, líquidos e das dispersões [12]. O interesse maior desta ciência, hoje em dia, está voltado ao estudo do comportamento dos materiais que, devido a sua natureza, não obedecem a lei de Newton da viscosidade, nem a lei de Hooke da elasticidade.

Temos como a grandeza fundamental da reologia, a viscosidade ( $\eta$ ). Ela pode ser definida como a resistência que um fluido apresenta ao escoamento e representada pela equação [8,12]:

$$\eta = \sigma / \dot{\gamma} \quad \text{Equação 2.7}$$

Onde:  $\eta$  = Viscosidade

$\sigma$  = Tensão de Cisalhamento Aplicada

$\dot{\gamma}$  = Taxa de Deformação do Fluido

Alguns autores costumam usar o termo viscosidade para os fluidos em que  $\eta$  é constante, ou seja, para cada tensão aplicada corresponde uma taxa de deformação proporcional. Para os fluidos em que  $\eta$  varia com a tensão o termo mais usado é o de viscosidade aparente [12].

É muito comum representar a característica do escoamento de um fluido por sua curva de escoamento, ou seja, pelo gráfico de tensão de cisalhamento versus a taxa de deformação (vide fig. 2.18) [9,12]. Para um fluido Newtoniano, a curva de escoamento é uma reta que passa pela origem e cuja inclinação define sua viscosidade. Quando a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não variam de forma linear, a viscosidade aparente do fluido é dependente da tensão aplicada. É o que acontece, por exemplo, com os fluidos dilatantes, onde a viscosidade aumenta com o aumento da tensão e nos pseudoplásticos onde a viscosidade diminui com o aumento da tensão cisalhante aplicada. Existem ainda certos tipos de fluidos, como algumas dispersões, que apresentam um comportamento entre um sólido e um líquido. Quando a tensão aplicada é menor que uma determinada tensão de escoamento, eles praticamente não se deformam. Somente quando a tensão de escoamento é ultrapassada, que eles começam a se portar como um fluido, podendo então ter um comportamento Newtoniano, como é o caso dos plásticos de Bingham, ou então um comportamento dilatante ou pseudoplástico.

Além dos casos que ocorrem devido a variação da tensão aplicada, certos materiais podem apresentar uma variação na tensão de cisalhamento a ser aplicada, para produzir a mesma taxa de deformação. Neste caso, os fluidos apresentam uma variação na sua viscosidade aparente ao longo do tempo de aplicação da tensão. Quando a viscosidade aparente diminui, o fluido é dito "tixotrópico" e se a viscosidade aumentar é chamado de "reopéxico" [8,9,12].

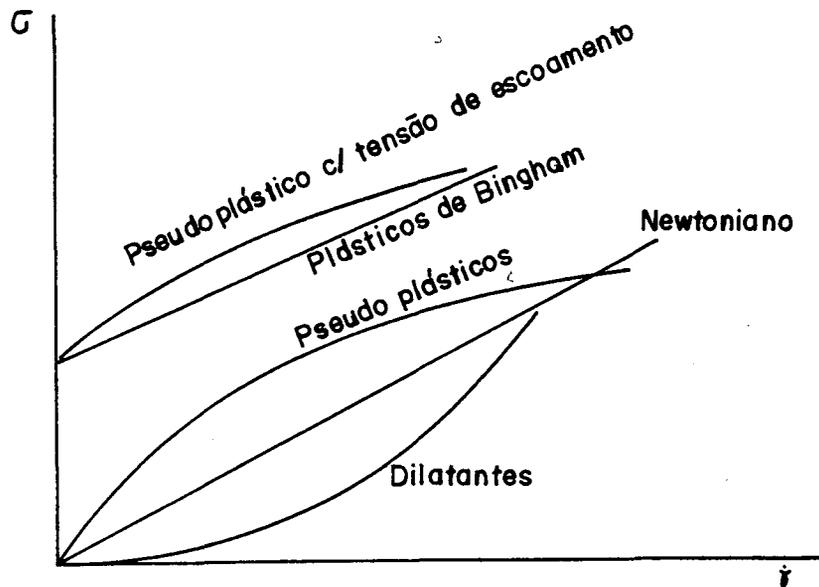


Figura 2.18: Curvas de Escoamento para os Diversos Tipos de Fluidos.

Vejamos agora como se comportam reologicamente as dispersões de materiais cerâmicos.

### A Viscosidade das Barbotinas

A maior parte das dispersões de matérias primas cerâmicas, também denominadas de barbotinas, apresentam um comportamento reológico compreendido entre um fluido Newtoniano e um sólido elástico [9]. Tal variação de comportamento pode ser atribuída a que uma dispersão de partículas é um tipo especial de fluido, que possui sólidos em suspensão e sua viscosidade aparente será altamente dependente da concentração dos sólidos presentes, da distribuição de tamanho das partículas do sólido, da forma das partículas e das forças de interação que possam existir entre elas quando em dispersão.

Para melhor compreender as propriedades das dispersões de matérias primas cerâmicas, podemos dividi-las em dispersões de partículas atrativas e não atrativas.

## A) Dispersões de Partículas Não Atrativas

As dispersões de partículas não atrativas se comportam geralmente como fluidos newtonianos, inclusive quando sua concentração de sólidos assume valores apreciáveis (da ordem de 30% em volume ou de 50% a 60% em peso) [9].

No que diz respeito a influência da concentração de sólidos na viscosidade aparente relativa (em relação a viscosidade da água) deste tipo de dispersão, Einstein propôs uma relação que considerava válida para dispersões diluídas de partículas esféricas e uniformes. A viscosidade era linearmente dependente da concentração volumétrica de sólidos, desta maneira:

$$\eta = 1 + 2,5 \cdot C \quad \text{Equação 2.8}$$

Onde: C = Concentração Volumétrica de Sólidos

A equação se baseia na hipótese de que as zonas de influência das esferas individuais não se sobrepõem, ou seja, as esferas praticamente não entram em contato umas com as outras. Logicamente, a equação só é válida quando a concentração tende a zero, pois para concentrações finitas ocorrerá o contato entre partículas e o atrito existente entre elas aumentará a tensão de cisalhamento necessária para proporcionar uma dada taxa de deformação, aumentando rapidamente a viscosidade aparente da dispersão. A figura 2.19 mostra a variação da viscosidade aparente com a concentração volumétrica de sólidos para três tipos de dispersão [9]:

A reta A representa o comportamento segundo a equação de Einstein. A curva B mostra uma dispersão formada por esferas com diâmetros distintos enquanto que a curva C, esferas com diâmetros iguais. A conclusão que se pode tirar é que a existência de uma distribuição de tamanho de partículas, em uma dispersão de concentração constante, ocasiona um maior "empacotamento" entre elas, diminuindo-se assim o atrito e, por conseqüência, a viscosidade da dispersão. Para partículas de mesmo tamanho, suas zonas de influência podem se sobrepor com muito mais facilidade aumentando a viscosidade da dispersão.

A forma e a superfície específica das partículas influenciam de maneira marcante a viscosidade aparente de uma dispersão. Partículas anisométricas

aumentam muito a viscosidade, pois a zona de influência a elas associada é proporcionalmente muito maior que as de partículas esféricas com volume similar. Partículas rugosas, com pequeno diâmetro (grande superfície específica) em uma dispersão, o atrito de umas sobre as outras, aumenta muito a viscosidade da dispersão.

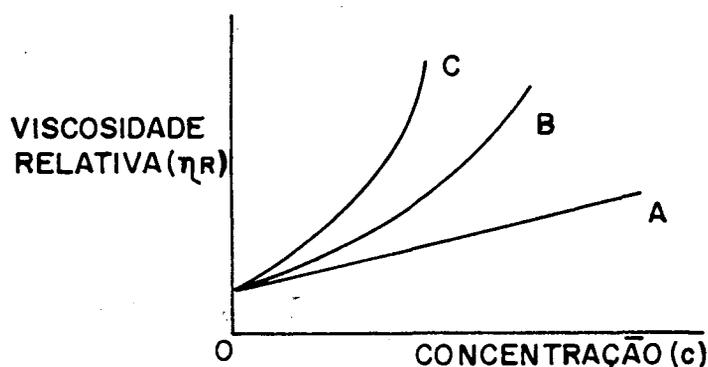


Figura 2.19: Dependência da Viscosidade Aparente Relativa em Relação a Concentração de Sólidos de Dispersões de Partículas Não Atrativas.

### B) Dispersões de Partículas Atrativas

Trataremos agora das propriedades reológicas das dispersões coloidais. A presença de forças de atração e repulsão entre as partículas do sólido, em uma dispersão coloidal, têm um profundo efeito sobre suas propriedades reológicas. Em uma dispersão flokulada, o tipo de estrutura formada pelas partículas quando da sua floclação, influencia muito no seu grau de rigidez [8,9]. Consideremos um cristal lamelar de um argilomineral. As suas faces maiores estão carregadas negativamente, devido aos motivos já apresentados anteriormente. Entretanto, nas faces menores ou laterais, a estrutura cristalina do argilomineral é interrompida, deixando uma deficiência de cargas, já que os íons fortemente positivos da estrutura ( $\text{Si}^{+4}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  e etc.) ficam expostos nessa região. Então, a interação entre duas

partículas de argilomineral, durante a floculação, pode ocorrer de três maneiras diferentes, como mostra a figura 2.20. A interação pode ocorrer entre as faces maiores (face to face), entre as menores (edge to edge) ou entre uma face maior e outra menor (face to edge). Nos dois primeiros casos, a interação ocorre entre as duplas camadas difusas das partículas, enquanto que no terceiro caso a interação é puramente eletrostática.

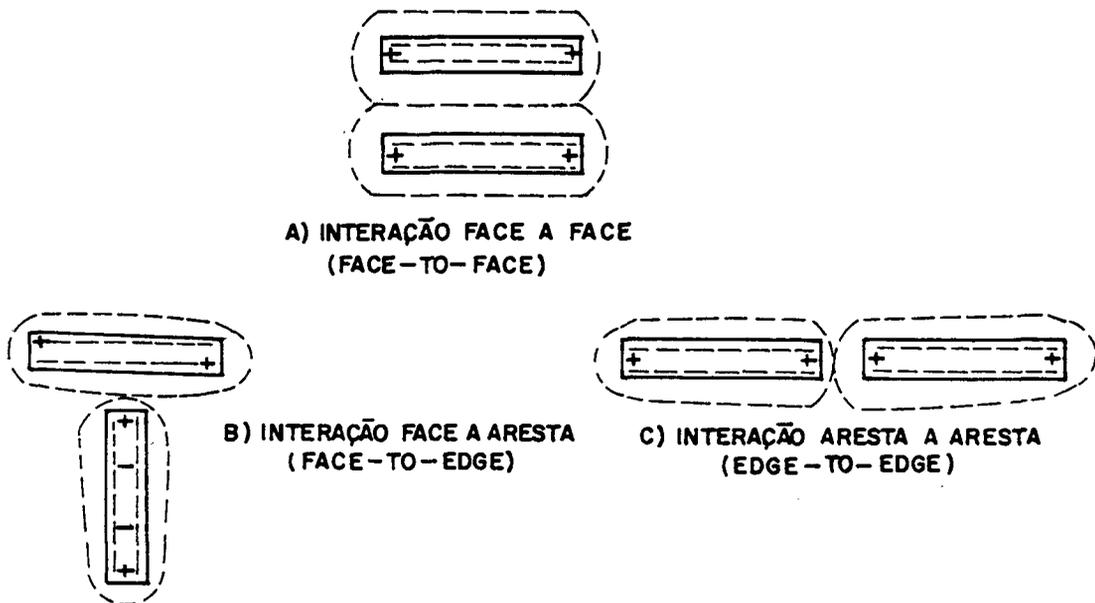
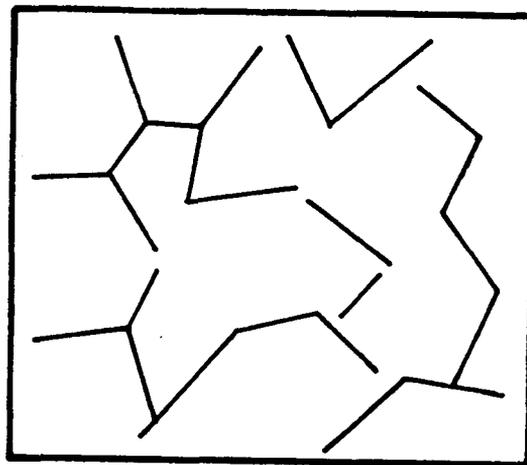


Figura 2.20: Interações Face to Face, Edge to Edge e Face to Edge entre Partículas de Argilominerais.

Portanto, partículas muito anisométricas (placa largas e muito finas, fibras muito longas) em uma dispersão coloidal, podem flocular "face to edge" ou "edge to edge" em todo o volume da dispersão formando um "gel" rígido e elástico. O "gel" tem uma estrutura como a formada por "cartas de baralho", com todo o líquido retido no seu interior (vide fig. 2.21) [8]. Esta estrutura é meta-estável, podendo ser destruída por uma simples agitação e a mesma se refaz quando o sistema é deixado em repouso. A essa transformação sol-gel, isotérmica e reversível, é dado o nome de "tixotropia". Quando as partículas de uma dispersão são regulares, a interação entre elas é do tipo "face to face" e a floculação gera aglomerados, que ao atingirem dimensões acima das coloidais decantam, tornando a dispersão sedimentada.



**GEL DO TIPO ARESTA A ARESTA  
( EDGE - TO - EDGE )**

Figura 2.21: Estrutura de Géis Tixotrópicos Formando a Estrutura de "Cartas de Baralho".

A partir daí, podemos afirmar então, que uma dispersão coloidal no estado floculado se comporta como um fluido não newtoniano, podendo ser tixotrópica ou reopéxica. Uma dispersão gelatinosa (gel) tem o comportamento de um fluido de Bingham que possui uma tensão de cisalhamento necessária para romper sua estrutura de cartas de baralho [8,9]. Ela também é tixotrópica, já que rompida a estrutura a viscosidade aparente da dispersão cai bruscamente com a sua agitação. Quando cessada a agitação o comportamento passa a ser reopéxico, devido a nova formação da estrutura gelatinosa, aumentando a viscosidade da dispersão. Uma dispersão sedimentada, apresenta o fenômeno da decantação das partículas e a viscosidade aparente diminui até atingir praticamente a viscosidade do líquido dispersante.

Ao introduzirmos um defloculante a uma dispersão coloidal floculada, estamos eliminando o efeito da interação entre suas partículas, mudando completamente suas características reológicas. A figura 2.22 mostra as curvas de escoamento para uma dada barbotina, a qual se vai introduzindo quantidades de defloculante [8]. A curva a) representa a barbotina floculada com seu comportamento de fluido de Bingham. O caso b) representa um estado parcialmente defloculado, onde a

barbotina se comporta inicialmente como um fluido pseudoplástico e a curva apresenta um ciclo de histerese devido a alta velocidade de formação da estrutura gelatinosa, fazendo com que a barbotina se comporte novamente como um fluido de Bingham. No caso c) a possibilidade de formação da estrutura desaparece, a barbotina está completamente defloculada e se comporta como um fluido newtoniano (como no caso das dispersões de partículas não atrativas). Em d) se representa o estado sobredefloculado, onde o comportamento é quase newtoniano, porém já se nota uma tendência de a barbotina se comportar como um fluido de Bingham.

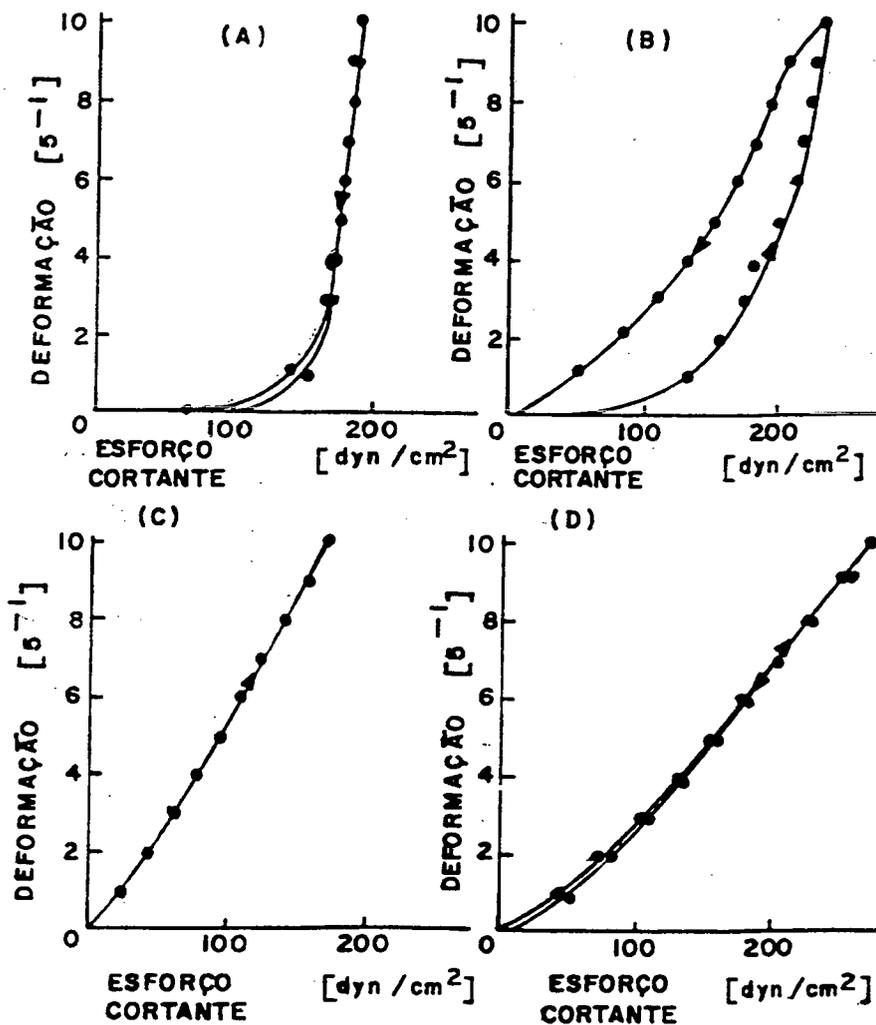


Figura 2.22: Curvas de Escoamento para uma Barbotina em Processo de Defloculação.

A adição de defloculante a uma dispersão coloidal floculada, reduz significativamente sua viscosidade aparente, pois a inclinação das curvas de escoamento diminui. Atingindo um valor mínimo, a viscosidade volta a crescer devido ao fenômeno da sobredefloculação.

Nas dispersões coloidais, a distribuição de tamanho de partículas pouco interfere em sua viscosidade aparente, já que as mesmas devem possuir um tamanho pré-determinado (dimensões coloidais). A forma das partículas influencia, pois partículas muito anisométricas tendem a formar a estrutura gelatinosa. A concentração de sólidos é um fator que afeta definitivamente a viscosidade de uma dispersão coloidal, já que controla o seu estado de floculação. Quanto maior a quantidade de sólidos, maior é a proximidade entre as partículas, possibilitando as forças de Wan der Walis atuarem na sua aglomeração. A figura 2.23 mostra a viscosidade aparente em função de concentração em volume de sólidos para dispersões diluídas de alumina (A) e de duas argilas brancas muito plásticas (B e C) [9].

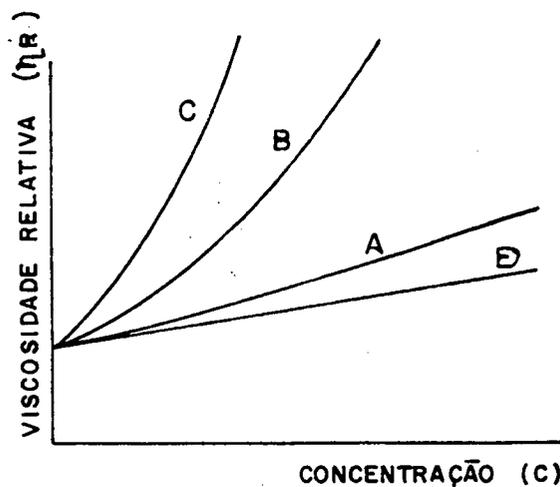


Figura 2.23: Dependência de Viscosidade Aparente Relativa em Relação as Concentração de Sólidos de Dispersões de Partículas Atrativas.

Nota-se que para dispersões diluídas as argilas já possuem uma viscosidade bem mais alta do que a alumina (não atrativa) para a mesma concentração. A estrutura formada pela floculação encerra e imobiliza uma considerável fração de fase líquida, fazendo com que a concentração efetiva de sólidos aumente. Em concentrações mais altas, este fenômeno é ainda mais evidente e a viscosidade assume valores extremamente altos. Nesses casos, a redução da viscosidade só pode feita com a adição de defloculantes e sua quantidade aumenta muito com o aumento da concentração de sólidos na dispersão.

# CAPÍTULO III

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### III.1 - INTRODUÇÃO

O procedimento experimental adotado foi dividido em duas etapas. Uma primeira visou estabelecer a influência do tempo de moagem na distribuição granulométrica, no resíduo em peneira 325 mesh e na viscosidade aparente de barbotinas de sete matérias primas cerâmicas quando elas eram moídas individualmente. Numa segunda etapa, após as matérias primas serem divididas em dois grupos quanto ao grau de dificuldade de moagem, foi estudada a influência do tempo de moagem sobre as mesmas variáveis da etapa anterior, porém agora as matérias primas eram moídas em grupos e em conjunto.

### III.2 – MOAGEM DAS MATÉRIAS-PRIMAS INDIVIDUALMENTE

#### III.2.1 - Matérias-Primas

Foram utilizadas sete matérias primas que fazem parte da composição de uma massa cerâmica grês da empresa ELIANE REVESTIMENTOS CERÂMICOS S.A. As matérias primas foram fornecidas no estado britado (britador de mandíbula) e amostradas por quarteamento segundo as normas da empresa em lotes de 50 Kg.

As matérias primas utilizadas foram as seguintes:

- Argila Brunel
- Argila Tabatinga
- Filito Castrense
- Filito Itapeva
- Fonolito Lages
- Quartzito Orleanense-
- Talco Copami

### **III.2.2 - Obtenção das Curvas de Viscosidade versus o Percentual de Água e de Viscosidade versus o Percentual de Defloculante**

Nesta etapa, as matérias primas foram divididas em dois grupos; as que apresentavam ou não o fenômeno da deflocação. Nos materiais defloculáveis, uma amostra de 300 g de material, previamente seca em estufa a 110 °C, era misturada com o auxílio de um agitador mecânico a uma quantidade de água correspondente a 35% em peso de material seco (161,5 ml de água). Posteriormente, iniciava-se a introdução do defloculante em porções de 0,2 ml e após cada adição era realizada a medida da viscosidade aparente da barbotina formada. O defloculante utilizado foi o silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) diluído em 50% em peso de água e as medidas de viscosidade foram realizadas segundo a norma AICE em um viscosímetro de torção (tipo Galey Camp). O procedimento era interrompido quando, após a medida da viscosidade, era observado o fenômeno da sobredeflocação (a viscosidade depois de diminuir com o acréscimo de defloculante, voltava a crescer).

Quando não havia a deflocação era adicionado a uma amostra de 300 g das matérias prima porções de 50 ml de água até que a mistura, sob agitação, tomasse a forma de uma pasta bastante viscosa. A partir daí as porções passavam a ser de 20 ml e após cada adição era realizada a medida da viscosidade, nas mesmas condições apresentadas no parágrafo anterior.

Com esse procedimento, pôde-se determinar a curva de viscosidade em função do percentual de defloculante, para os materiais defloculáveis e as curvas de viscosidade versus o percentual de água para os demais.

### **III.2.3 - Moagem**

Os testes de moagem foram realizados em um moinho de bolas de laboratório, com 180 mm de diâmetro, 230 mm de comprimento, 5,85 l de volume livre e com revestimento de alumina sinterizada. O volume aparente de elementos moedores utilizado foi de 3 litros, obedecendo a regra que indica a utilização de 50% a 55% do volume útil do moinho. Na carga de elementos moedores foram utilizadas esferas de alumina com diâmetros de 40, 30 e 20 mm. A distribuição de tamanho das esferas foi feita com 10% do volume aparente dos elementos moedores com esferas de 40 mm de diâmetro, 30% com esferas de 30 mm e 60% com esferas de 20 mm, sob recomendação do fabricante. A carga do material a ser moído foi estipulada em 1,5 litros ( 26% do volume livre) e finalmente a velocidade de rotação do moinho utilizada foi de 40 rpm, devido a disponibilidade de apenas um gira moinho que produzia no máximo esta velocidade.

Antes da moagem de cada matéria prima, elas eram secas em estufa a 110 °C e era preparado 1Kg de barbotina, com os percentuais de água e/ou defloculante necessários para obtê-la com 1000 Cp de viscosidade, afim de padronizar as cargas de moagem em relação a esta variável. Feito isso, a barbotina era homogeneizada em um agitador mecânico e eram feitas três medidas de sua densidade, com o auxílio de uma proveta de 100 ml e de uma balança digital com resolução de 0,01 g. Com posse da densidade (média de três medidas) era calculada a carga do material a ser moído e o moinho previamente preparado era carregado. Então, fazia-se a moagem da matéria prima para tempos que variavam de 1 a 7 horas, com intervalo de 1 hora. Ao final de cada teste, o moinho era descarregado e toda a carga de cada matéria prima, para cada tempo de moagem, era guardada em um recipiente.

### **III.2.4 - Medidas de Resíduo em Peneira 325 Mesh**

O resíduo em peneira 325 mesh foi determinado para cada carga de moagem guardada na etapa anterior. Uma amostra de 200 g de dispersão era colocada sobre uma peneira 325 mesh, previamente pesada em balança digital, onde era lavada sob água corrente. Logo após a lavagem a peneira com o resíduo era seca em uma

estufa a 110 °C. Os cálculos dos resíduos foram realizados de acordo com a expressão:

$$\%R = m_r / (m_a \cdot \%H_2O) \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde: %R = Percentual em Massa de Resíduo

$m_r$  = Massa de Resíduo

$m_a$  = Massa da Amostra de Barbotina

%H<sub>2</sub>O = Percentual em Massa de Água na Barbotina

### **III.2.5 - Análises Granulométricas**

Os resultados de análise granulométrica para cada carga de moagem foram obtidos com o auxílio de um analisador granulométrico por difração de laser. Na amostragem, cada carga de moagem era agitada e com o auxílio de uma pipeta graduada retirava-se uma amostra de 30 ml de barbotina, que era posteriormente seca em estufa a 110 °C, triturada e quarteada. O equipamento fornece como resultados as distribuições granulométricas em volume tanto de frequência, quanto a acumulada, além da superfície específica em volume do material analisado..

### **III.2.6 - Medidas de Viscosidade Aparente**

As medidas de viscosidade aparente para as cargas de moagem foram realizadas em um viscosímetro de torção (tipo Galey Camp), onde uma amostra de 50 ml de cada uma das cargas de moagem era retirada e nela feita a medida. Para cada amostra eram realizadas três medidas tomando-se o valor real da média entre as medidas.

### III.3 – MOAGEM DAS MATÉRIAS-PRIMAS EM GRUPOS E EM CONJUNTO

Nesta etapa, as matérias primas foram misturadas com as proporções utilizadas na massa cerâmica grês, processada industrialmente pela ELIANE RESVESTIMENTOS CERÂMICOS S.A. Posteriormente, fez-se a separação das matérias primas em dois grupos, quanto a dificuldade de moagem, dividindo-as em materiais plásticos e não plásticos. As proporções utilizadas de cada matéria prima em cada um dos grupos foram obtidas a partir da seguinte equação:

$$\%M_g = (\%M_m \cdot 100) / (\sum \%M_m) \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde:  $\%M_g$  = Percentual de Cada Matéria Prima no Grupo

$\%M_m$  = Percentual de Cada Matéria Prima Componente do Grupo na Massa

A composição da massa grês e das materiais plásticos e não plásticos são apresentados a seguir:

#### **Massa Grês**

- 35.0% de Argila Brunel
- 20,0% de Argila Tabatinga
- 12,5% de Filito Castrense
- 12,5% de Filito Itapeva
- 12,0% de Fonolito Lages
- 5,0% de Talco Copami
- 3,0% de Quartzito Orleanense
- 0,8% de Bentonita (percentagem sobre 100% de material seco)
- 0,8% de Defloculante (percentagem sobre 100% de material seco)
- 38,0% de Água (percentagem sobre 100% de material seco)

**Materiais Plásticos**

- 42,9% de Argila Brunel
- 24,5% de Argila Tabatinga
- 15,3% de Filito Castrense
- 15,3% de Filito Itapeva
- 1,0% de Bentonita
- 1,1% de Defloculante
- 38,0% de Água

**Materiais Não Plásticos**

- 60,0% de Fonolito Lages
- 25,0% de Talco Copami
- 15,0% de Quartzito Orleanense
- 38,0% de Água

OBS: A bentonita é um aditivo utilizado na indústria cerâmica e o defloculante utilizado foi o REFRIX (marca comercial).

Preparadas essas cargas, todos os experimentos de moagem, obtenção de resíduo em peneira 325 mesh, análise granulométrica e medição de viscosidade seguiram rigorosamente os procedimentos apresentados na etapa anterior.

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados e discutidos em duas etapas. A primeira tratará da moagem individual de cada matéria-prima e a posterior, da moagem das matérias-primas em grupos distintos e em conjunto.

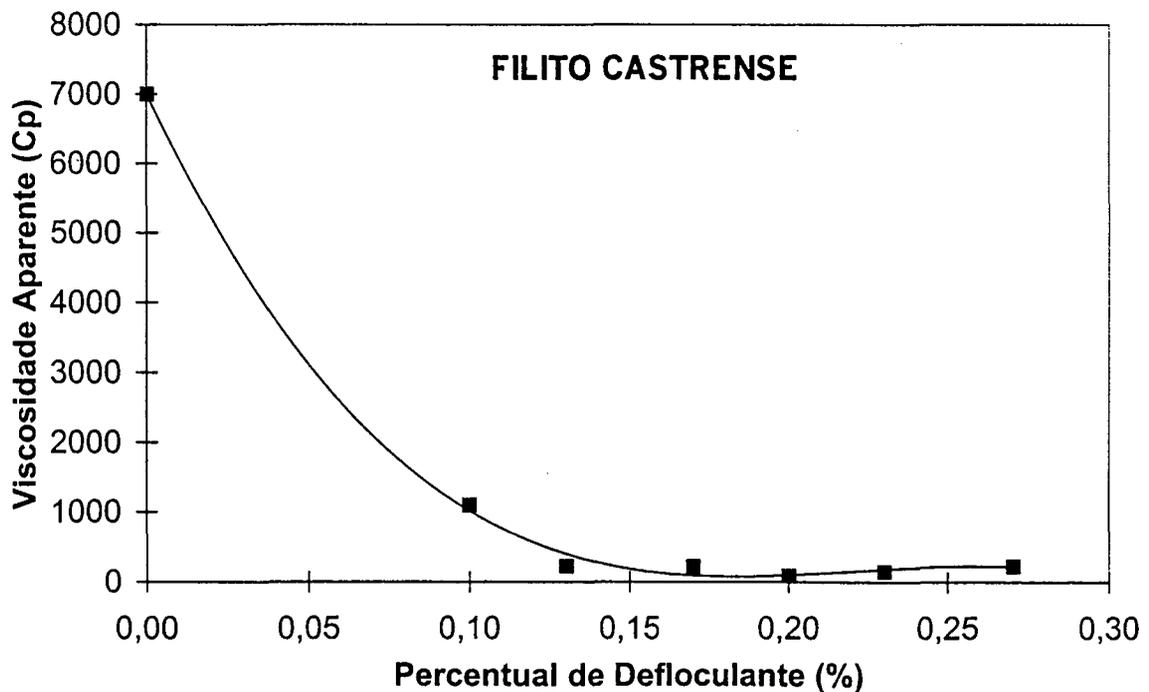
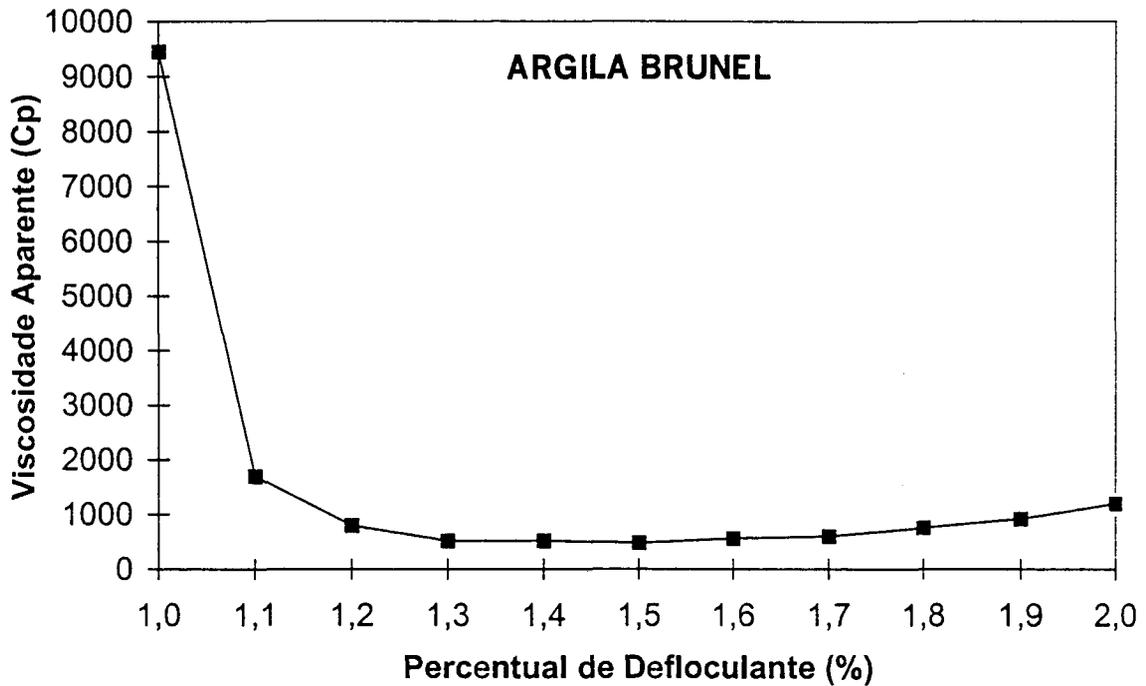
### IV.1 – MOAGEM DAS MATÉRIAS-PRIMAS INDIVIDUALMENTE

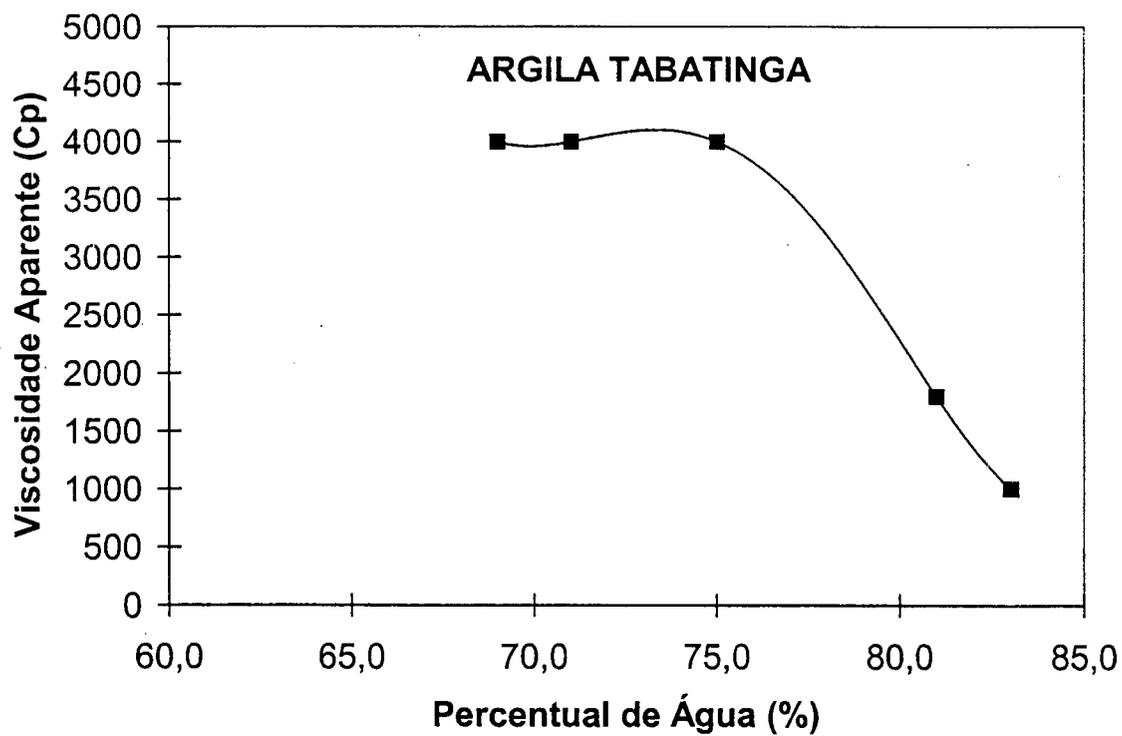
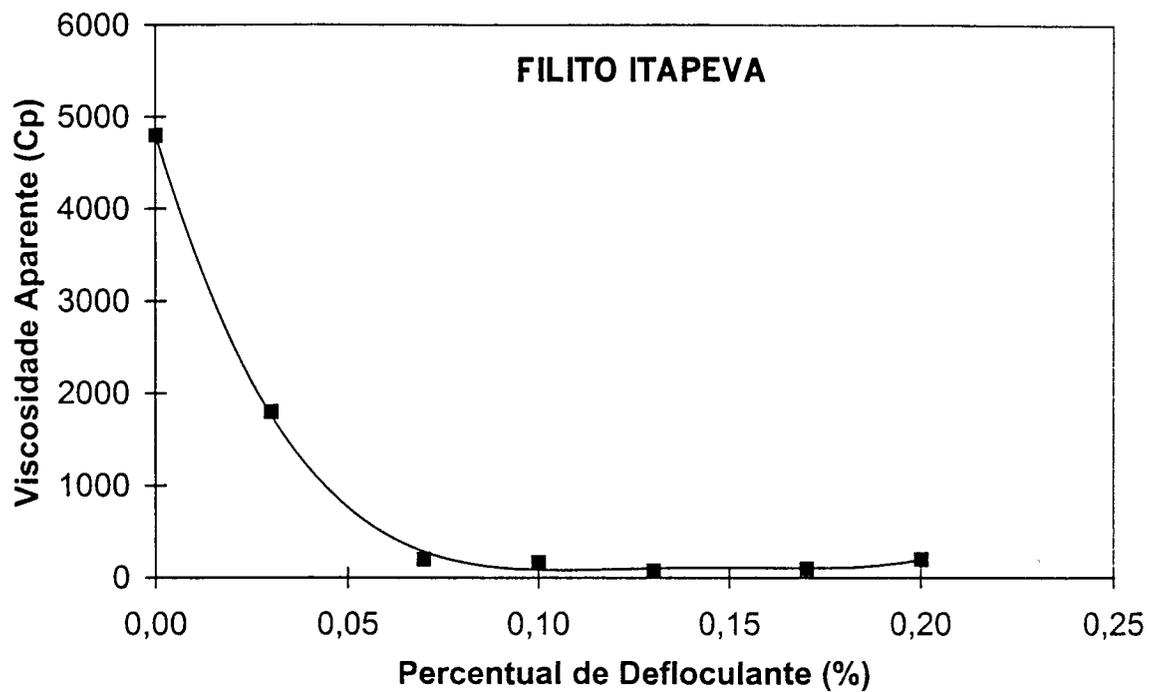
#### IV.1.1- Curvas de Viscosidade versus o Percentual de Água e de Viscosidade versus o Percentual de Defloculante.

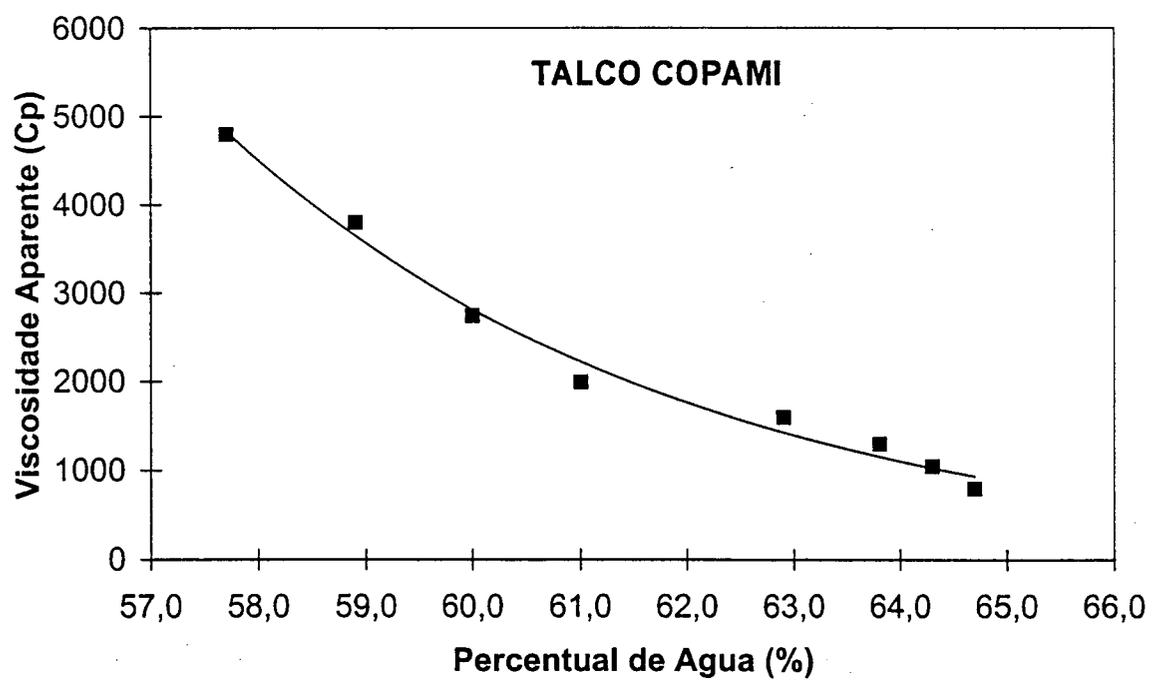
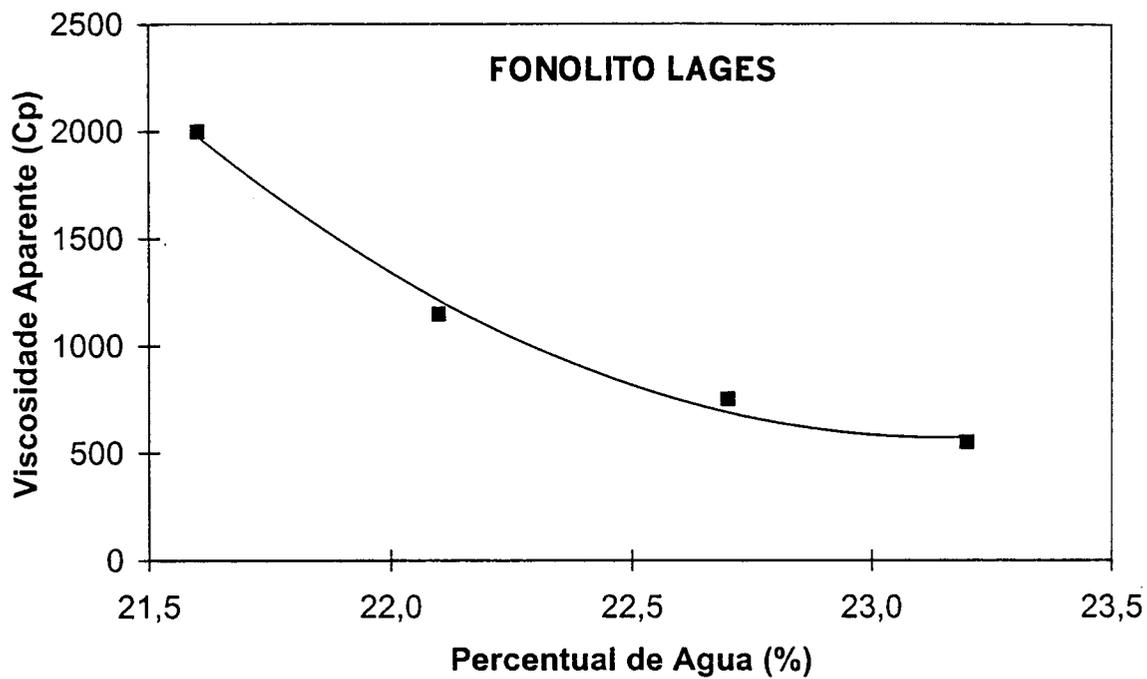
A figura 4.1 apresenta as curvas de viscosidade versus o percentual de silicato de sódio e de viscosidade versus o percentual de água para as matérias-primas. As matérias-primas que sofreram o fenômeno da deflocação foram, a Argila Brunel e os Filitos Itapeva e Castrense. Nas demais, o fenômeno não foi observado mesmo após a adição de grandes quantidades de defloculante ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  50% em peso). Portanto as primeiras foram caracterizadas pelas curvas de viscosidade x percentual de defloculante e as demais pelas curvas de viscosidade x percentual de água.

Com a obtenção destas curvas pôde-se mostrar que os Filitos (Itapeva e Castrense) apresentam um processo de deflocação muito acentuado já que a viscosidade, das barbotinas formadas por essas matérias-primas, sofre uma redução muito brusca com a adição de pequenas quantidades de defloculante, atingindo o valor de 1000 Cp (valor utilizado como padrão de estudo) com apenas

0,10% em peso de silicato de sódio. No caso de Argila Brunel, a deflocação já é um pouco mais branda e a viscosidade antiga 1000 Cp quando é feita a adição de 1,5% em peso (de material seco) de defloculante.







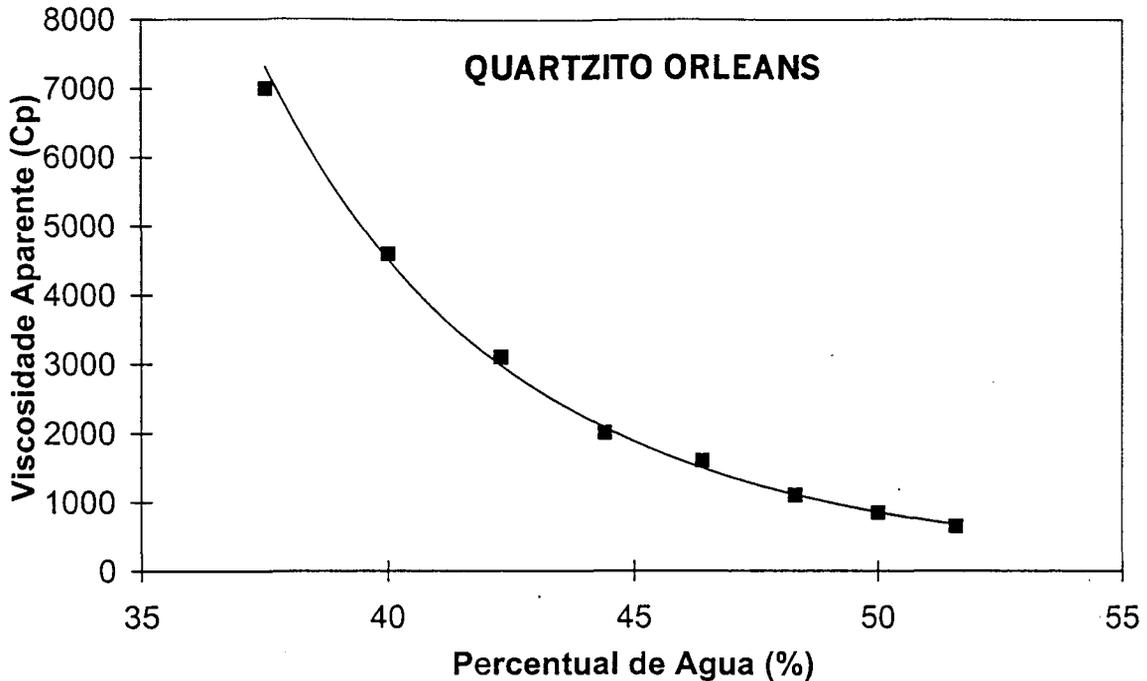


Figura 4.1- Curvas de Viscosidade X Percentual de Defloculante e Curvas de Viscosidade X Percentual de Água para as Matérias-Primas.

Tal diferença de comportamento pode ser explicada pelo fato de que os filitos apresentam uma quantidade muito menor de partículas com dimensões coloidais, quando comparados com uma argila, já que a quantidade de defloculante necessária para a defloculação de uma determinada barbotina é diretamente proporcional a esta quantidade.

As demais matérias-primas apresentaram as curvas de viscosidade versus percentual de água com as características semelhantes as de suspensões de partículas não atrativas. Praticamente todas demonstram uma tendência de desvio em relação a equação de Einstein como a proposta na seção II.3.3 A). O valor de viscosidade de 1000 Cp foi obtido com 59,5% de água para o caso do Talco Copami, 49% para o Quartzito Orleanense, 22,3% para o Fonolito e de 83% para a Argila Tabatinga. Ainda vale salientar, que o Fonolito apresenta uma espécie de "defloculação" quando a ele se adiciona água, pois sua viscosidade aparente reduz de 2000 Cp para 800 Cp com a adição de apenas 1,5 % de água (de 21,5 a 23,0% de água). A Argila Tabatinga, apesar de formar uma dispersão coloidal, não foi defloculada pelo silicato de sódio, por ser uma argila muito ácida (excesso de íons

H<sup>+</sup>) e o defloculante não foi capaz de deslocar (pelo fenômeno da troca iônica) os íons H<sup>+</sup> que possuem um forte poder flocculante. Por isso, o alto valor do percentual de água necessário para atingir a viscosidade de 1000 Cp, já que em uma dispersão coloidal "altamente reativa" a concentração de sólidos necessária para que não haja atuação das forças de atração entre suas partículas deve ser bastante pequena. Tendo-se pouca quantidade de partículas na dispersão, a distância entre elas aumenta, impossibilitando a atuação dessas forças.

#### **IV.1.2 - Evolução do Resíduo em Peneira 325 mesh em Função do Tempo de Moagem**

O resíduo em peneira 325 mesh é uma variável utilizada nas indústrias cerâmicas para indicar a "moabilidade" de uma determinada carga de moagem. Desta forma, se acompanha de uma certa maneira, a evolução do "afinamento" das partículas do material que está sendo moído ao longo do tempo de moagem. Quanto mais rápido for a redução do resíduo, maior é a facilidade de moagem do material cerâmico. A figura 4.2 mostra a evolução do resíduo em peneira 325 mesh com o tempo de moagem (variando-o de 0 a 7 horas) para as matérias-primas utilizadas neste trabalho:

Os resultados mostram claramente a grande diversidade de comportamentos que as matérias-primas cerâmicas apresentam quanto a sua moabilidade. Pode-se notar que tanto o Talco Copami quanto o Filito Itapeva são materiais com uma excelente moabilidade, já que apresentam uma redução bastante brusca em seu percentual de resíduo logo nas duas primeiras horas de moagem. A Argila Brunel, a Argila Tabatinga e o Filito Castrense são materiais onde ocorre, não uma moagem propriamente dita, mas apenas uma desagregação de aglomerados de partículas com pequenas dimensões, que fazem parte da sua composição. Os materiais de mais baixa moabilidade foram o Quartzito e o Fonolito. Isto pode ser facilmente explicado pois ambas as matérias-primas possuem elevada dureza, sendo uma formada basicamente por SiO<sub>2</sub> (Quartzito) e a outra por feldspato (Fonolito), e quanto maior a dureza do material maior é a dificuldade de romper suas forças coesivas. Neste caso, estas matérias-primas devem ser moídas pelo mecanismo de impacto.

Dentre os dois, o Fonolito apresentou menor taxa de moabilidade, já que a redução do percentual de resíduo para o Quartzito durante as sete horas de moagem foi muito mais acentuada e o Fonolito apesar de partir de um valor inicial de resíduo menor do que o do Quartzito, ao final da sexta hora de moagem já possuía um valor maior.

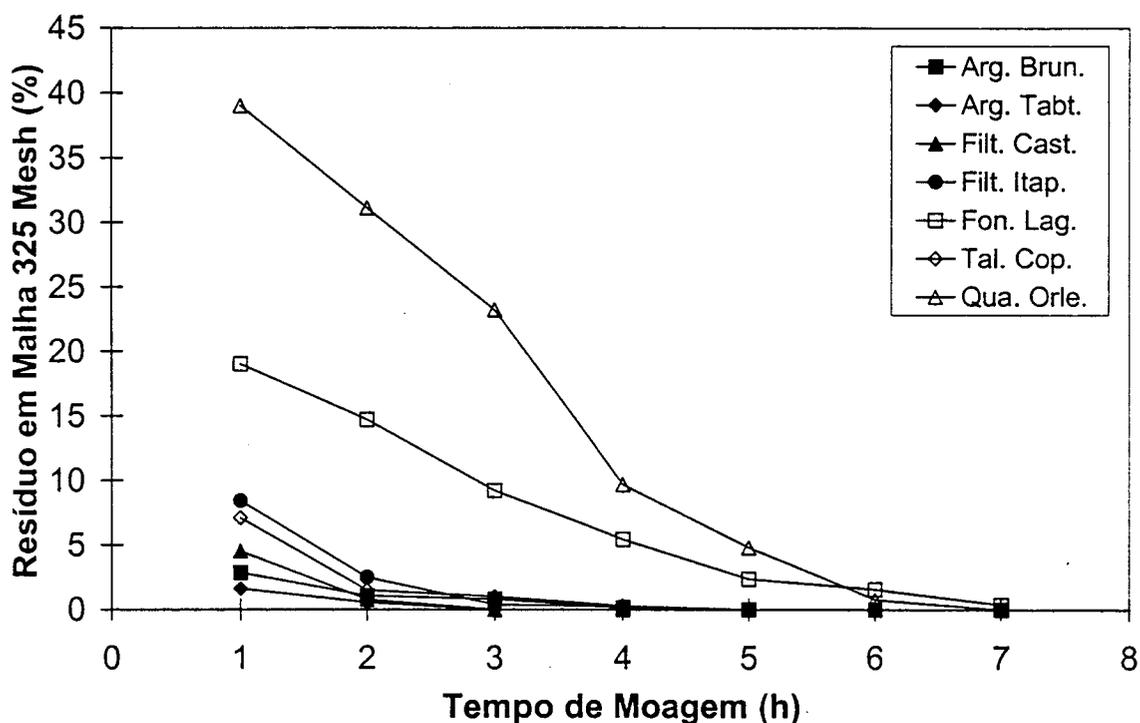


Figura 4.2- Evolução do Resíduo em Peneira 325 mesh com o Tempo de Moagem

#### IV.1.3 - A Influência do Tempo de Moagem na Distribuição Granuométrica das Matérias-Primas.

O equipamento utilizado na realização das análises granulométricas das matérias-primas (granulômetro por difração de laser) fornece como resultados ao fim da análise, tanto as curvas de distribuição de frequência e acumulativa, em volume, quanto a superfície específica em  $\text{m}^2 / \text{cm}^3$  da amostra analisada. Além disso, fornece também uma tabela com todos os dados obtidos na análise, para

todas as faixas de diâmetros compreendidos dentro de seu intervalo de medição (0,1 a 175  $\mu\text{m}$ ).

A distribuição de freqüência mostra o espectro da distribuição e o intervalo de dimensão em que os diâmetros das partículas da amostra estão compreendidos, dando uma idéia apenas qualitativa da mesma. A distribuição acumulativa indica o percentual volumétrico de partículas que pousem uma dimensão superior ou inferior a um determinado diâmetro, caracterizando a distribuição quantitativamente. Neste trabalho, foi utilizada a distribuição acumulativa inferior (Under Cumulative Distribution). Na interpretação deste gráfico, um determinado diâmetro X para 10% acumulado corresponde ao diâmetro para o qual, 10% do volume das partículas da distribuição possuem dimensão igual ou inferior a ele.

Os resultados obtidos nas análises, foram colocados em gráficos que apresentam as distribuições obtidas para cada matéria-prima ao longo das sete horas de moagem. Neles, cada hora de moagem é representada por uma cor para uma melhor diferenciação. Tanto os gráficos como as tabelas mencionados anteriormente estão apresentados no ANEXO I deste trabalho.

Para uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos, discutiremos os gráficos de distribuições de freqüência e acumulativa separadamente, para cada matéria-prima.

### **Evolução das Curvas de Distribuição de Freqüência com o Tempo de Moagem**

Analisando a evolução das curvas de distribuição de freqüência para o caso da Argila Brunel (vide ANEXO I pág. 87) , nota-se claramente que logo após a primeira hora de moagem o material possui uma distribuição com partículas sempre inferiores a 73  $\mu\text{m}$  e com elevada quantidade delas com diâmetro (diâmetro modal) em torno de 4 a 5  $\mu\text{m}$ . Durante todas as 7 horas de moagem não houve praticamente alteração em sua distribuição granulométrica a não ser um pequeno afinamento das partículas mais grosseiras (partículas sempre inferiores a 61  $\mu\text{m}$  após 7 horas de moagem) acarretando um aumento na quantidade de partículas com diâmetro modal. Tal comportamento ajuda a explicar o seu pequeno resíduo em peneira 325

mesh (45  $\mu\text{m}$ ) logo no início da moagem (vide figura 4.2) e a rápida redução desta variável.

O Filito Itapeva, apresentou um comportamento semelhante ao da argila Brunel.. (vide ANEXO I pág.87). Depois da primeira hora de moagem a totalidade das partículas eram menores que 73  $\mu\text{m}$ , porém o diâmetro modal da distribuição estava em torno de 6 a 7  $\mu\text{m}$ . A diferença principal em relação a Argila Brunel foi a moagem do Filito Itapeva foi mais efetiva no afinamento das partículas mais grosseiras (partículas menores que 61  $\mu\text{m}$  após 3 horas de moagem), acarretando um aumento acentuado na quantidade de partículas com diâmetro modal. Este fenômeno explica o comportamento de ambas as matérias-primas quanto ao resíduo em peneira 325 mesh (vide fig. 4.2); com o Filito Itapeva tendo uma brusca redução desta variável ao longo das primeiras horas de moagem e com a Argila Brunel tendo uma redução menos acentuada. Ainda vale salientar que, a análise das curvas de distribuição granulométrica para o filito Itapeva mostra que a moagem desta matéria-prima só é efetiva até a sexta hora; a partir daí sua distribuição torna-se praticamente constante.

A análise das curvas de distribuição para o Filito Castrense (vide ANEXO I pág. 87) mostra que ao longo da sua moagem suas partículas possuem uma distribuição relativamente estreita com o diâmetro modal sempre em torno de 10  $\mu\text{m}$ . A moagem deste tipo de matéria-prima é eficiente em todas as faixas de diâmetro, havendo o afinamento tanto das partículas de maior diâmetro quanto daquelas mais finas. Sua moagem é eficiente até a sexta hora, quando a partir daí torna-se irrelevante. Neste ponto, cabe um alerta, de que nem sempre matérias-primas que possuem um resíduo em peneira 325 mesh maior, possuem uma distribuição com partículas mais grossas (como é o caso dos filitos). O Filito Itapeva, apesar de possuir sempre um resíduo (vide fig. 4.2) maior que o Filito Castrense, o diâmetro modal de sua distribuição é sempre inferior ao deste último.

O Talco Copami é um exemplo típico de um material com boa moabilidade, onde a moagem é efetiva em todas as faixas de dimensão das partículas do material (vide ANEXO I pág. 87). Nota-se uma completa mudança em suas curvas de distribuição a medida que o tempo de moagem vai avançando. Com a moagem, o material partindo de uma distribuição com uma larga faixa de diâmetros, com partículas de até 73  $\mu\text{m}$  após 1 hora de moagem, vai sofrendo uma brusca redução

na dimensão de suas partículas mais grosseiras tornando a distribuição mais estreita e uniforme. É por este fenômeno que se caracteriza a moagem de um material, que para o caso do Talco Copami é eficiente até a quinta hora, quando não se percebe mais alterações em sua distribuição granulométrica.

No caso do Fonolito, nota-se um comportamento muito interessante. Sua distribuição granulométrica, logo após a primeira hora de moagem, mostra uma leve tendência "bimodal", ou seja, as partículas da distribuição tendem a possuir dois diâmetros preferenciais: um em torno de 40  $\mu\text{m}$  e o outro de 2 a 5  $\mu\text{m}$  (vide ANEXO I pág. 87), mesmo antes da moagem. A evolução de suas curvas de distribuição dá um exemplo muito claro de como se processa o fenômeno da moagem no interior de um moinho. Durante as quatro primeiras horas de moagem, os elementos moedores do moinho praticamente só trituram as partículas mais grossas do material e suas curvas de distribuição na seção dos finos são alteradas muito pouco. Só depois da quinta hora é que realmente se inicia o "afinamento" das partículas na faixa dos diâmetros pequenos e intermediários. Esta etapa é a mais problemática e se torna mais demorada quanto maior for o afinamento desejado para o material.

O Quartzito possui inicialmente uma distribuição granulométrica bimodal com suas partículas tendo dois diâmetros característicos, 70  $\mu\text{m}$  e 4  $\mu\text{m}$  (vide ANEXO I pág. 87). Apesar desta matéria-prima ser a mais grosseira dentre todas, sendo seguida pelo Fonolito, sua moagem desde o princípio é bastante efetiva, fazendo com que ao final das sete horas de moagem sua distribuição perca quase que completamente o caráter bimodal. A análise também confirma a sua melhor moabilidade quando comparado ao Fonolito pois, a redução de suas partículas mais grosseiras é muito mais acentuada e ao final da moagem (7 horas) sua distribuição apresenta maior quantidade de partículas com diâmetros mais finos.

Para a Argila Tabatinga vale salientar que, esta matéria-prima apresentou problemas quando da obtenção de seus resultados de análise granulométrica devido ao seu forte poder floculante que acabava mascarando os resultados (vide ANEXO I pág. 87). O equipamento utilizado para as análises necessita que a amostra seja dispersa em água e, apesar de todo um sistema de agitação e de ultra som, o fenômeno de floculação continuava ocorrendo. Pelos resultados obtidos pode-se afirmar que, após a quarta hora de moagem esta matéria-prima apresenta uma distribuição granulométrica semelhante a da Argila Brunel e que durante sua

moagem o que ocorre é uma simples desagregação de "flocos" composto por partículas muito finas. Nas primeira três horas de moagem há apenas uma homogeneização (mistura) sem se ter praticamente moagem do material e, após a quarta hora, o material já é desagregado, pois nota-se uma grande alteração em sua curva de distribuição granulométrica que posteriormente permanece quase que constante.

### **Evolução das Curvas de Distribuição Acumulativa com o Tempo de Moagem**

Nesta etapa, ao invés de se fazer a análise das curvas de distribuição acumulativa para cada matéria-prima, optou-se por se adotar três diâmetros característicos e analisar a sua evolução durante a moagem da matéria-prima, sobrepondo-se os resultados para uma comparação. Os diâmetros escolhidos foram o diâmetro para 90 % acumulado (X90); o para 50% (X50); e o para 10 % acumulado (X10). O X90, indica o diâmetro para o qual 90 % das partículas da distribuição possuem dimensão inferior a ele, logo com o acompanhamento da sua evolução pode-se avaliar como foi o comportamento da moagem na faixa de diâmetros mais grosseiros do material. O X50 caracteriza a moagem das partículas intermediárias, mostrando como evolui o diâmetro modal da distribuição, enquanto que o X10 indica se a moagem dos finos foi eficiente.

A figura 4.3 mostra as curvas de diâmetro para 90% acumulado versus o tempo de moagem para as matéria primas em estudo. Os resultados apresentado mostram com que taxa as partículas mais grosseiras do material são reduzidas de tamanho, quando são moídas. A taxa é indicada pela inclinação da reta que une os pontos entre uma e sete horas de moagem e o seu módulo aumenta com o aumento do coeficiente angular da reta.

Analisando os resultados obtidos pode-se notar que, a taxa de redução de tamanho é diretamente proporcional ao tamanho das partículas que estão sendo moídas, ou seja, quanto maior o diâmetro da partícula mais rapidamente ele é reduzido. A explicação para tal fenômeno pode se basear na hipótese de que quanto

maior o diâmetro de uma partícula, maior é a probabilidade de ela ser acertada e triturada por uma esfera de elemento moedor que gira no interior de um moinho.

Partiremos agora para uma análise do comportamento de cada uma das matérias-primas. A Argila Brunel comportou-se de maneira já esperada, com uma pequena redução em seu X90 e apresentando uma pequena taxa de redução (de 25,2 a 19,8  $\mu\text{m}$  com 0,77  $\mu\text{m}/\text{h}$ ). Existiram dois pares de matérias-primas que obedeceram regras semelhantes. A Argila Tabatinga e o Filito Castrense tiveram uma redução em seu diâmetro para 90% acumulado na taxa de aproximadamente 1,2  $\mu\text{m} / \text{h}$ . O Filito Itapeva e Talco Copami, como mostraram suas curvas de distribuição de frequência, são materiais com rápida redução de suas partículas grosseiras e sua velocidade de redução foi maior, ficando em torno de 1,7 e 2,2  $\mu\text{m}/\text{h}$ , respectivamente. As maiores taxas de redução foram obtidas para o Fonolito e o Quartzito. Para o Fonolito a velocidade ficou em torno de 3,3  $\mu\text{m} / \text{h}$  e para o Quartzito 5,0  $\mu\text{m} / \text{h}$ .

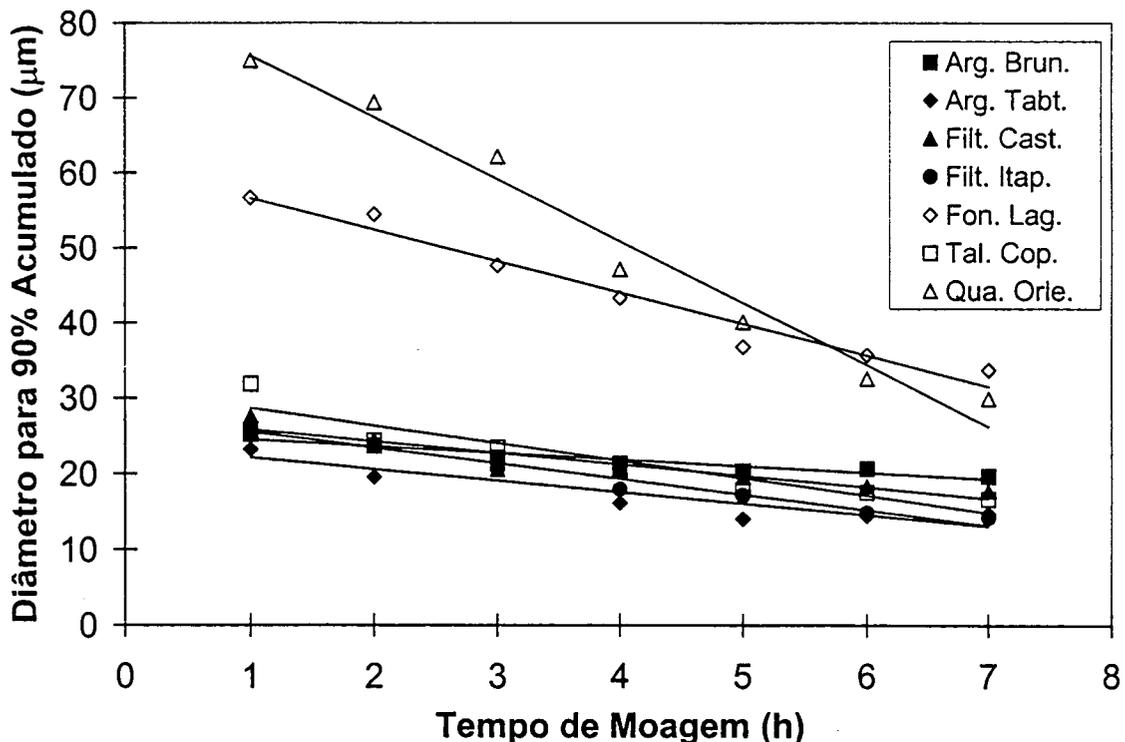


Figura 4.3: Evolução do Diâmetro para 90% Acumulado com o Tempo de Moagem

Tudo que foi exposto acima, nos leva a afirmar que a velocidade de redução dos diâmetros das partículas mais grosseiras de uma material, além de ser diretamente proporcional aos seus diâmetros é também diretamente proporcional a quantidade relativa dessas partículas na distribuição. Se for feita uma análise nas curvas de distribuição de freqüência das matérias-primas em questão, nota-se claramente que as maiores velocidades foram obtidos para os matérias-primas que apresentaram partículas com os maiores diâmetros e com as maiores quantidade relativa dessas partículas na distribuição.

A figura 4.4 mostra os resultados da evolução dos diâmetros para 50 % acumulado com o tempo de moagem para as várias matérias-primas.

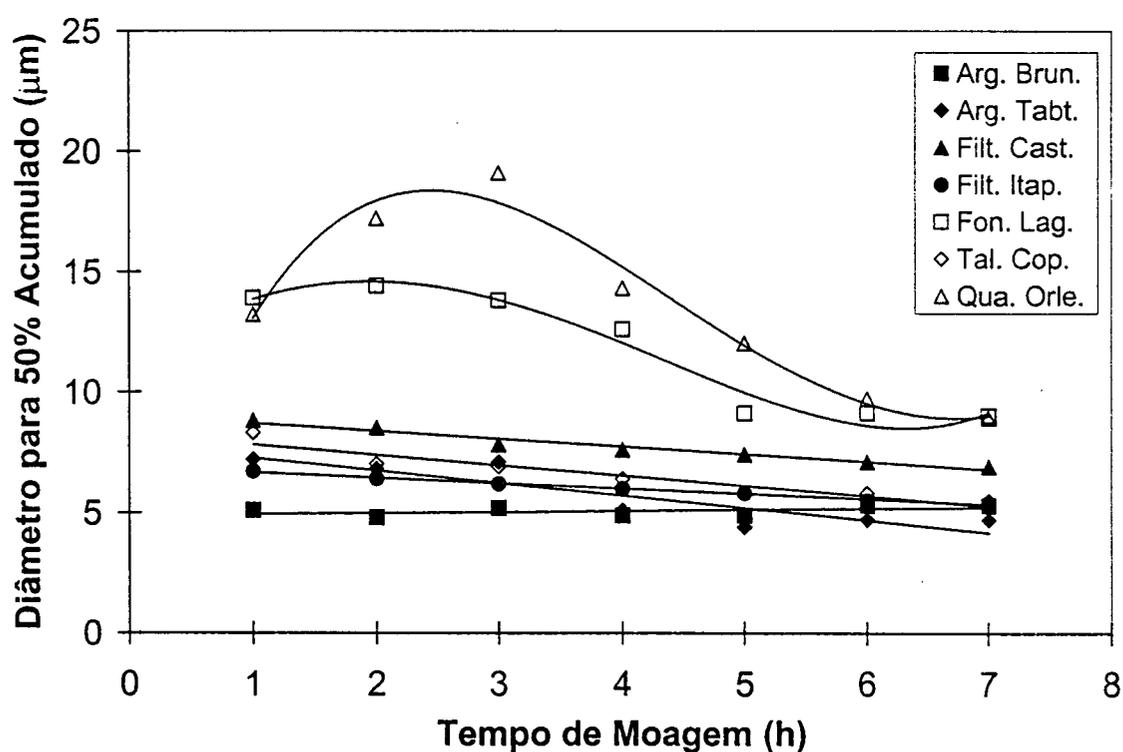


Figura 4.4: Evolução do Diâmetro para 50% Acumulado com o Tempo de Moagem.

Os resultados indicam a taxa com que as partículas de tamanho intermediário das matérias-primas são reduzidas ao longo do tempo de moagem. A maior parte dos materiais apresentou um comportamento semelhante, com a velocidade de redução oscilando em torno de 0,2 μm/h (limite inferior) para o caso do Filito Itapeva

e de 0,35  $\mu\text{m/h}$  para a Argila Tabatinga (limite superior). Para a Argila Brunel, o moinho não foi capaz de reduzir o tamanho das suas partículas desta faixa de dimensão e o Fonolito e o Quartzito apresentaram um comportamento anômalo com uma tendência de aumento do X50 nas primeira horas de moagem. Neste caso, a alta taxa de redução de tamanho no início da moagem dos grosso (X90) gera uma quantidade de partículas médias com maior diâmetro que faz aumentar os valores de X50 destas matérias-primas.

A análises dos resultados obtidos, só ajuda a confirmar a hipótese anteriormente apresentada, de que a taxa de redução é diretamente proporcional ao diâmetro da partícula que está sendo moída. A Argila Brunel, que é aquela matéria-prima que possui os menores diâmetros intermediários (vide curvas de distribuição de frequência no ANEXO I pág, 87) apresentou velocidade de redução aproximadamente nula. As curvas de distribuição de frequência mostram que a maioria das matérias-primas possuem diâmetros modais na mesma faixa de dimensão, por isso que praticamente possuem os mesmos valores de taxa de redução em seus diâmetros intermediários.

O comportamento anômalo apresentado inicialmente pelo Fonolito e pelo Quartzito deve ser devido a que, essas matérias-primas por possuírem uma distribuição granulométrica bimodal, no início da moagem, as mesmas sofrem uma mudança repentina pelo aparecimento de partículas com diâmetro entre os dois preferenciais, dando a impressão que as partículas intermediária cresceram de tamanho. Quando suas distribuições perdem o aspecto bimodal, inicia-se realmente a moagem das partículas intermediárias e, por essas matérias-primas apresentarem as partículas com as maiores dimensões, as taxas de redução envolvidas também são as maiores.

A figura 4.5 mostra a evolução dos diâmetros para 10 % acumulado com o tempo de moagem. As curvas mostram a pequena velocidade com que os finos de todas as matérias-primas são moídos. Neste caso, os elementos moedores componentes da carga de moagem do moinho não tem praticamente condição de reduzir o tamanho das partículas com essa faixa de dimensão. Em todas as matérias-primas, o diâmetro para 10 % acumulado foi reduzido em menos de 0,5  $\mu\text{m}$  mesmo depois das sete horas de moagem. Ainda vale ressaltar o caso do Fonolito, que mesmo sendo uma matéria-prima que possui grande quantidade de partículas

grandes , possui partículas muito finas com dimensões comparáveis com as das argilas. O comportamento anômalo apresentado pela Argila Brunel, mostrando um aumento do X10 com o tempo de moagem, é devido a problemas de floculação ocorridos durante a obtenção dos resultados de análise granulométrica. O Quartzito, mesmo tendo um maior afinamento de suas partículas nas outras faixas de dimensão, para o caso dos finos, suas partículas são bem maiores quando comparadas com o Fonolito. Daí a grande necessidade de se conhecer a distribuição granulométrica de uma matéria-prima, pois materiais que aparentam possuir um comportamento, podem ser completamente diferentes do que o esperado.

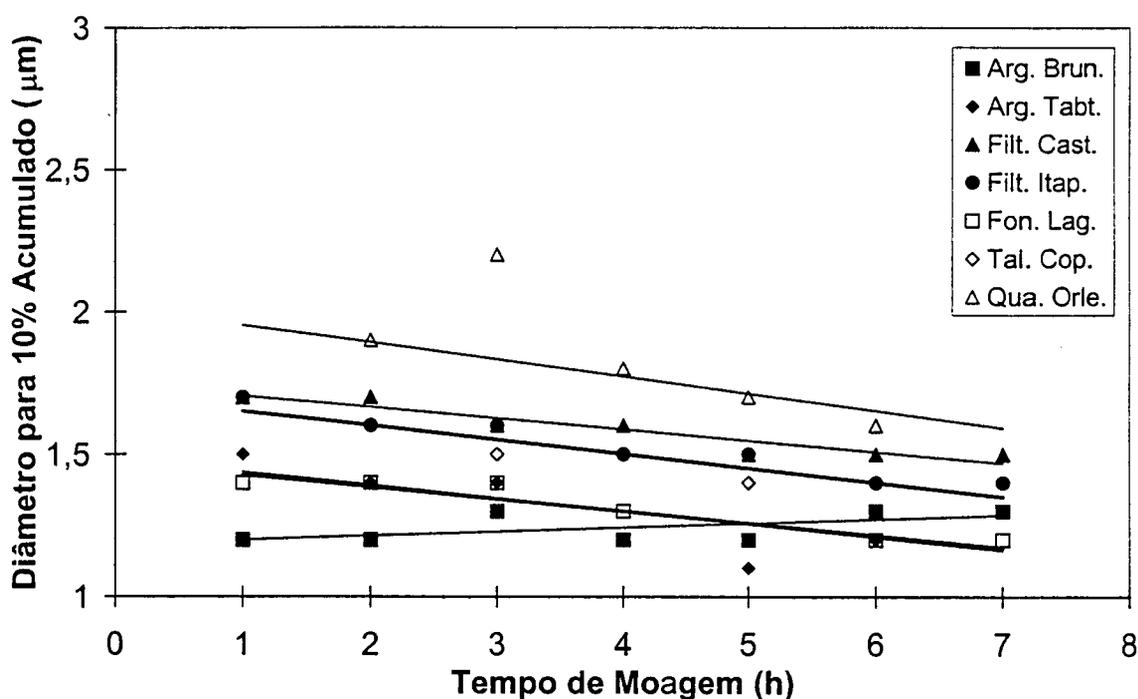
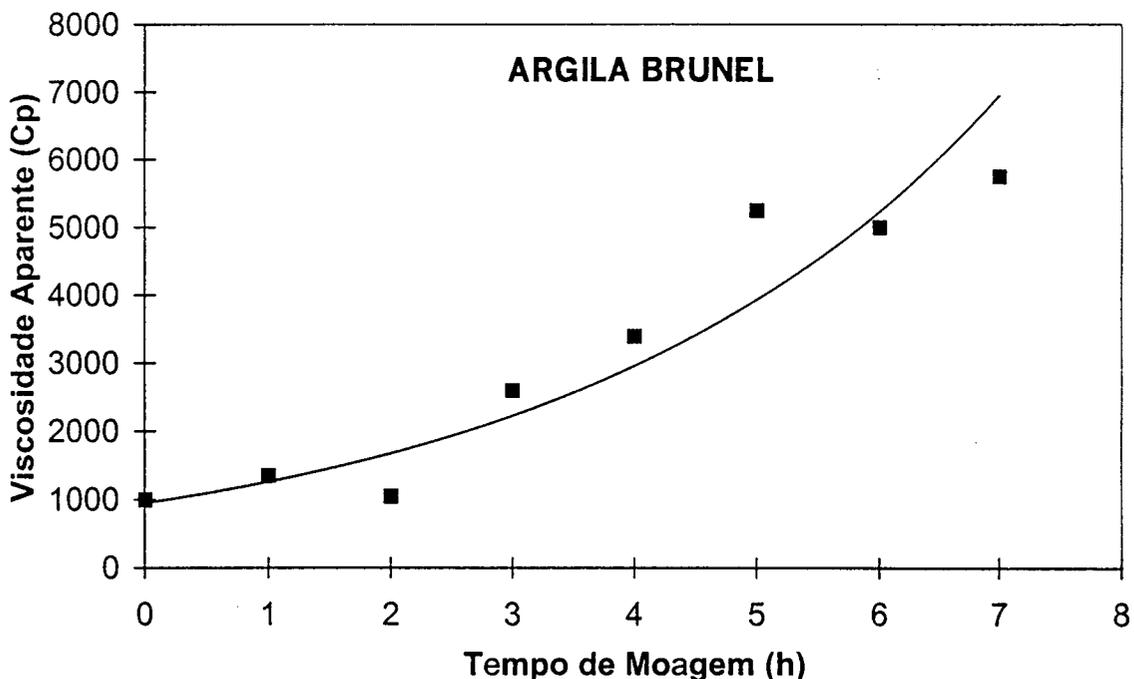


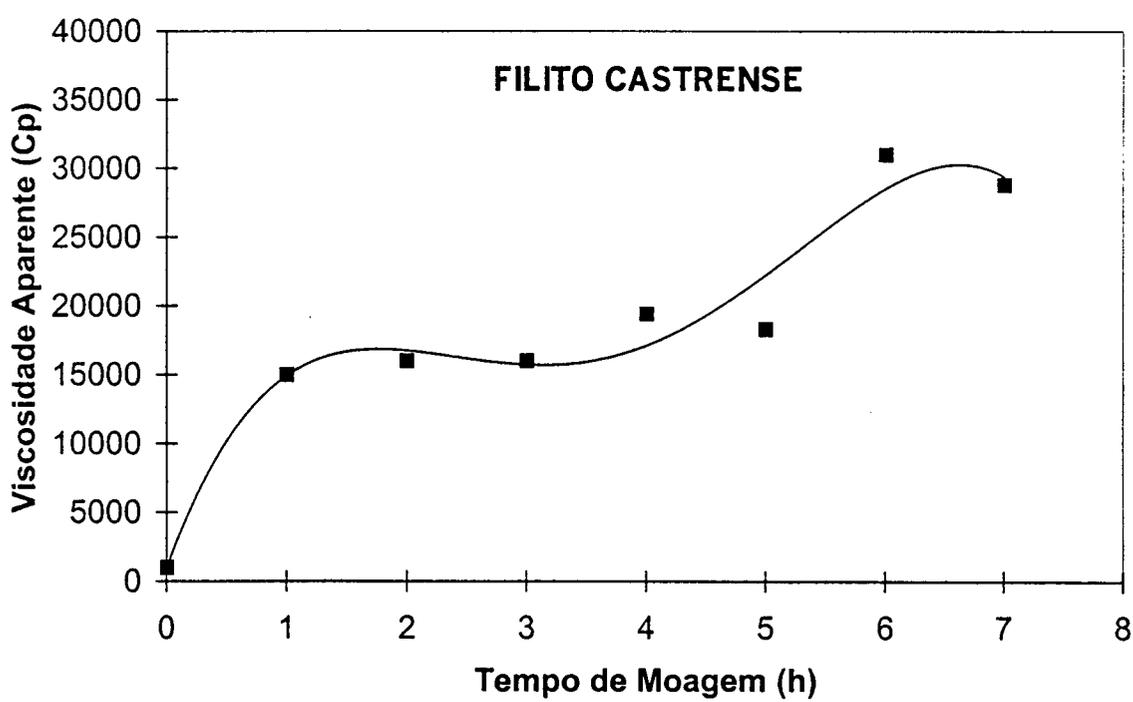
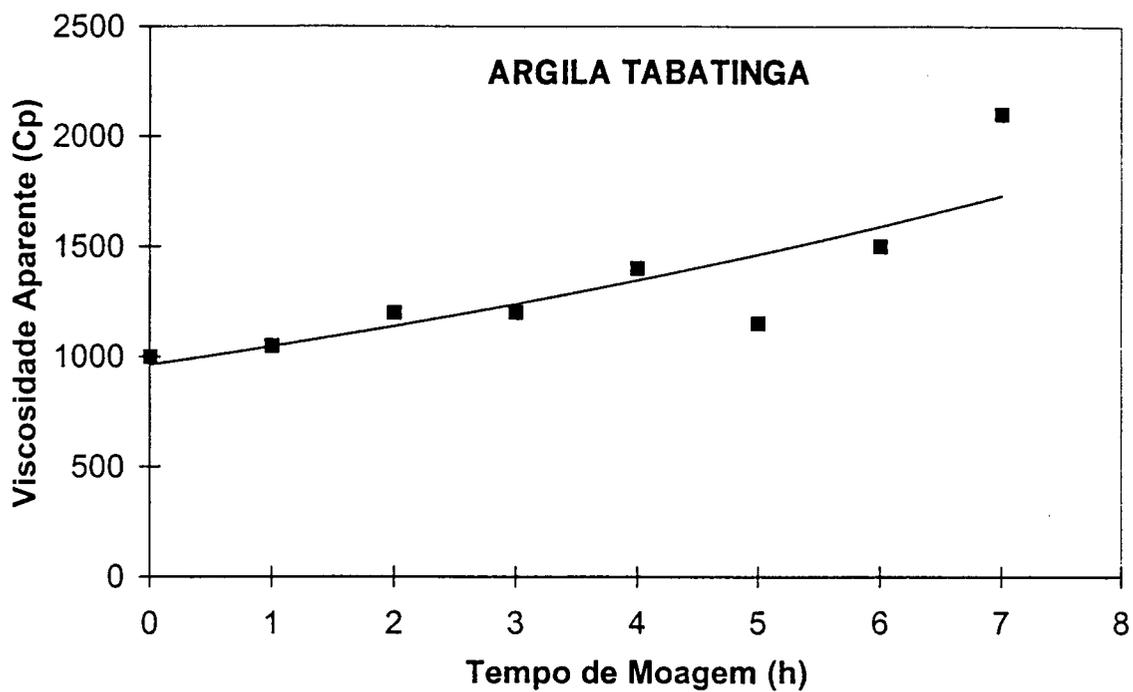
Figura 4.5: Evolução do Diâmetro para 10 % Acumulado com o Tempo de Moagem para as Matérias-primas.

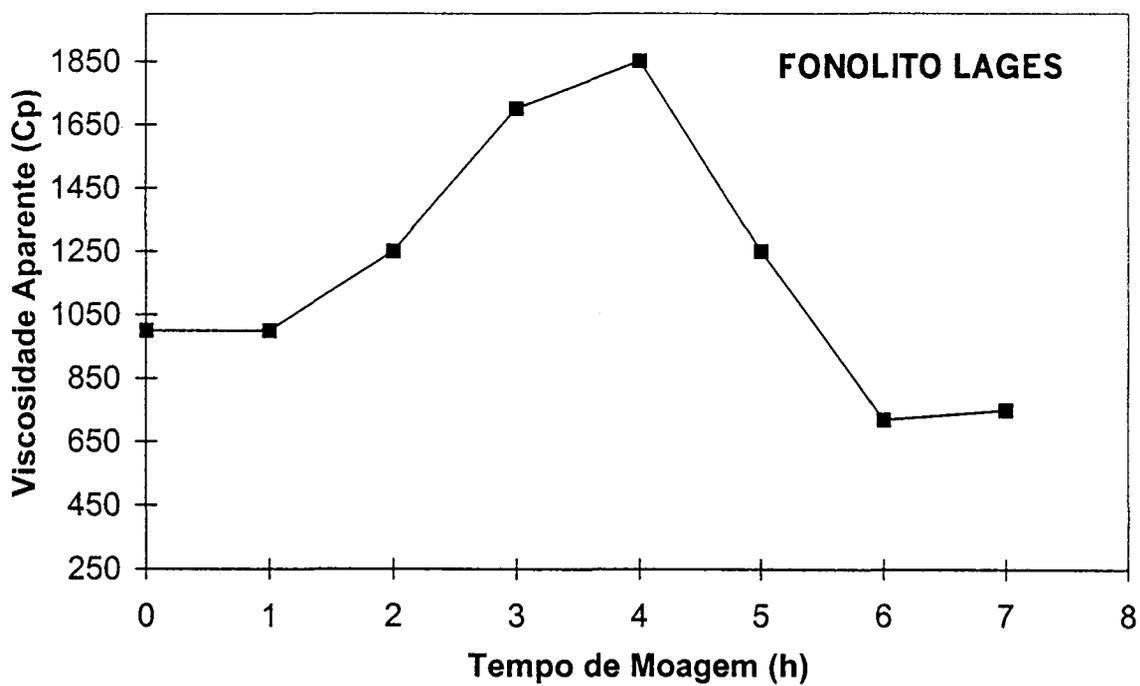
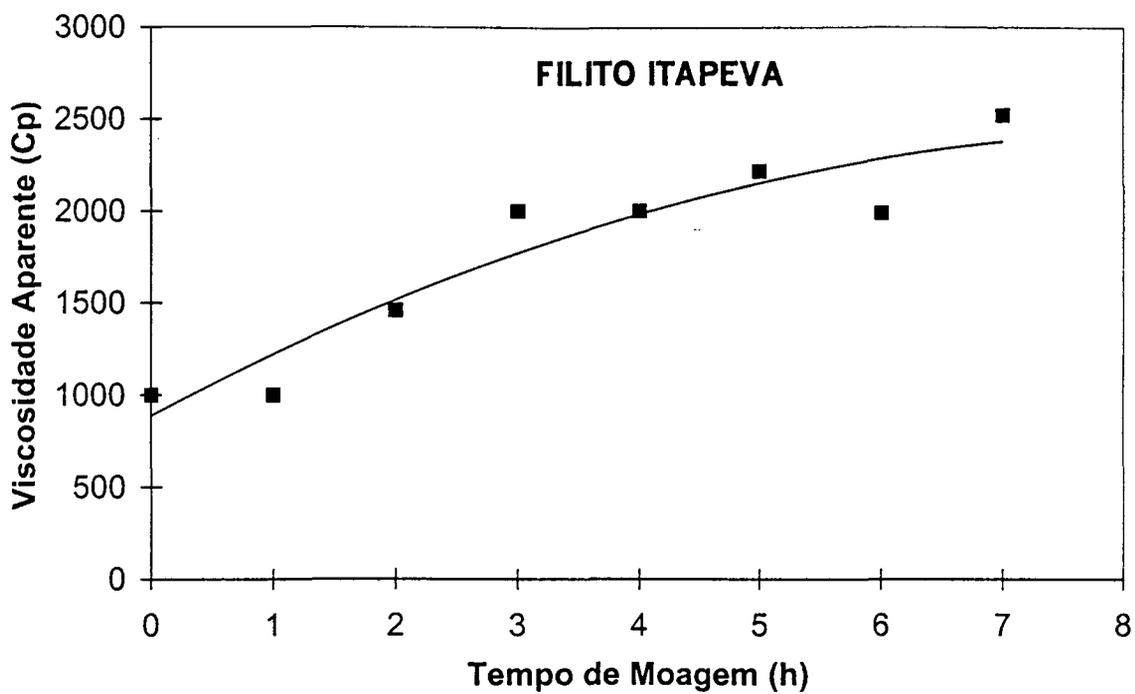
#### IV.1.4 - A Influência do Tempo de Moagem na Viscosidade Aparente das Barbotinas das Matérias-Primas.

Como já sabemos, a viscosidade aparente de uma barbotina cerâmica é diretamente dependente da: concentração de sólidos da dispersão; distribuição de tamanho das partículas desse sólido; forma das partículas e; das possíveis forças de atração que possam existir entre elas (floculação). Neste trabalho, a influência da concentração de sólidos foi eliminada, já que as cargas de moagem para cada matéria-prima eram preparadas sempre com o mesmo percentual de água e todas as alterações ocorridas na viscosidade aparente da barbotina, de uma matéria-prima qualquer, será devida as modificações que o processo de moagem acarreta nas demais variáveis envolvidas.

A figura 4.6 mostra as curvas de viscosidade aparente versus o tempo de moagem para todas as matérias-primas estudadas neste trabalho.







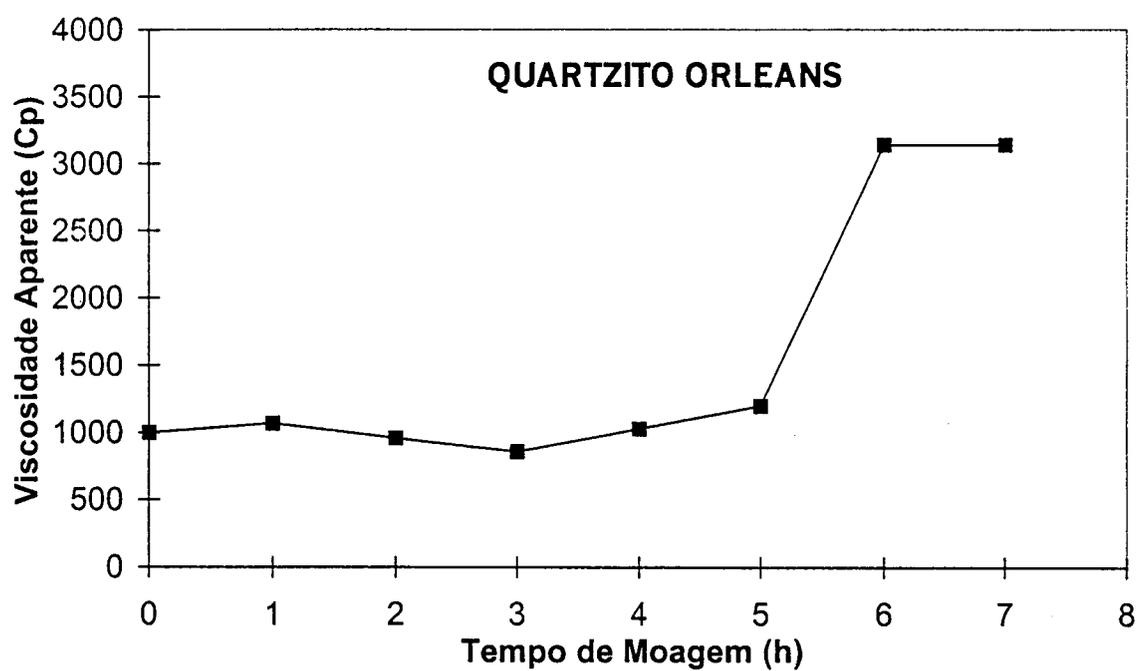
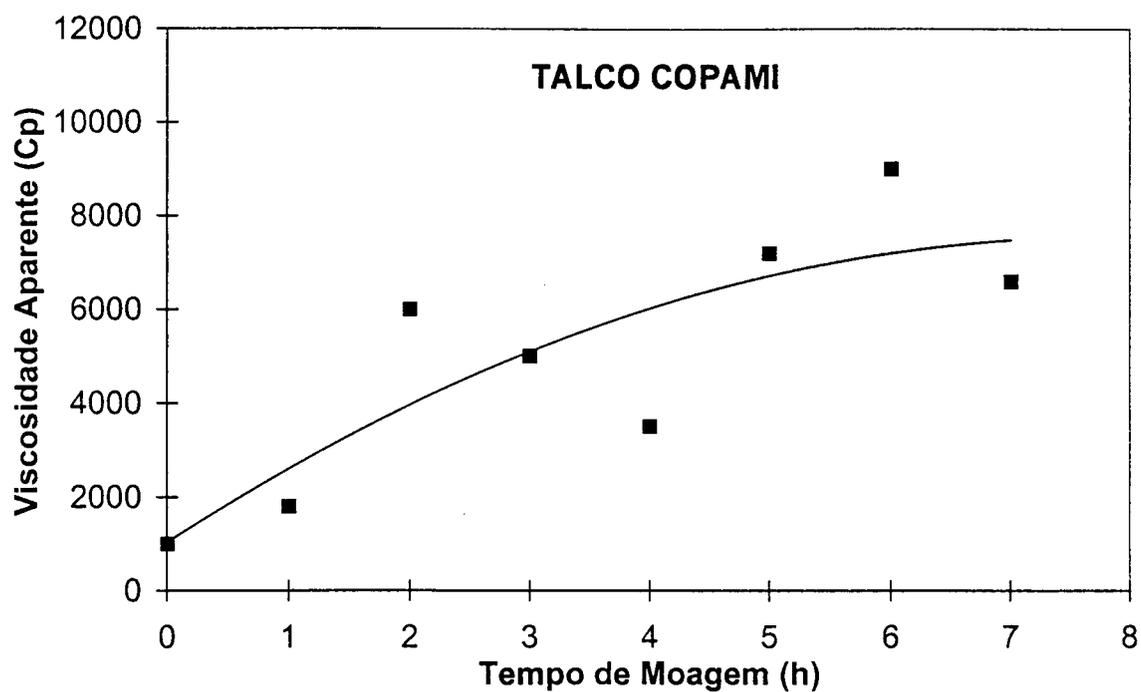


Figura 4.6: Curvas de Viscosidade em Função do Tempo de Moagem para as Matérias-Primas.

Antes de se fazer a análise dos resultados mostrados acima, faz-se necessário, com a ajuda dos dados vindos da análise granulométrica, mostrar como se comportaram as matérias-primas quanto ao seu “afinamento” durante as sete horas de moagem. As curvas de distribuição granulométrica já foram apresentadas anteriormente, faltando agora apenas mostrar a evolução da superfície específica com o tempo de moagem. A apresentação destes resultados é feita na figura 4.7, a seguir.

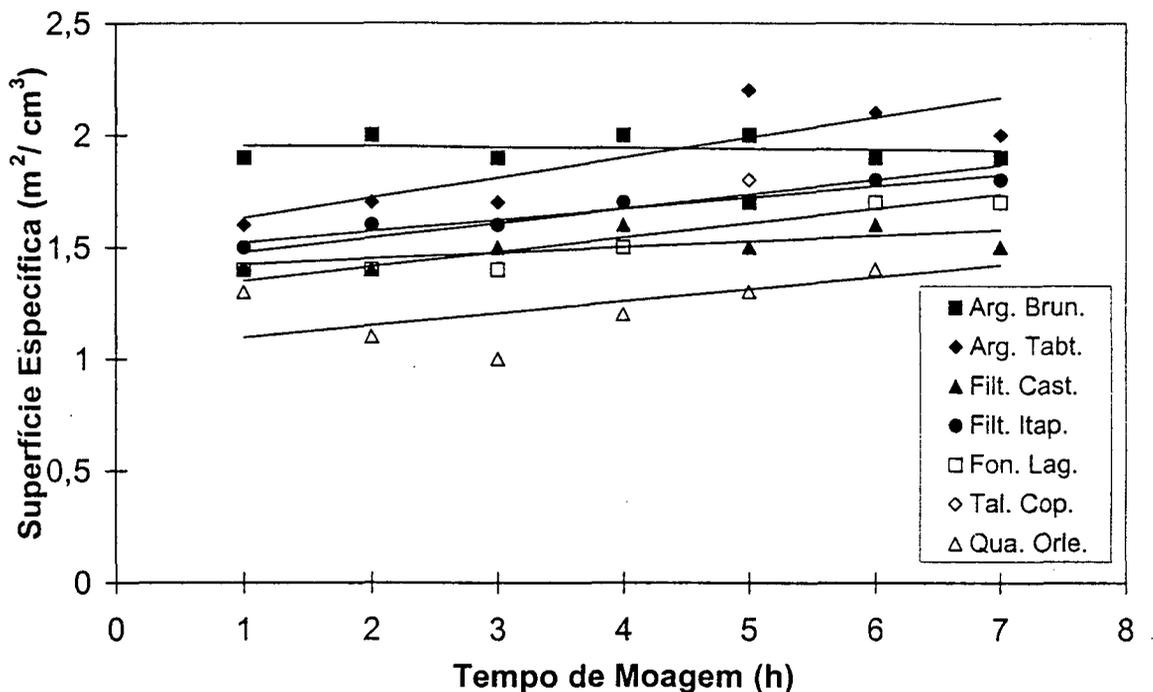


Figura 4.7: Resultados da Evolução da Superfície Específica com o Tempo de Moagem para as Matérias-primas

Pode-se agora iniciar a discussão dos resultados de viscosidade aparente para cada uma das matérias-primas. Começemos pelo grupo daquelas que foram previamente defloculadas.

Como pode ser visto, a Argila Brunel apresentou um significativo aumento de viscosidade durante as horas de moagem. Tal comportamento não era esperado já que sua superfície específica variou muito pouco durante a moagem e suas curvas de distribuição mostraram pouca alteração. A resposta para tanta modificação em sua viscosidade aparente está fundamentada em alguns aspectos que devem ser

discutidos. A dispersão da Argila Brunel foi defloculada e o fenômeno da defloculação é caracterizado por se ter uma grande diminuição da viscosidade aparente através da adição de pequenas quantidades de defloculante (vide fig. 4.1). Além disso, a quantidade necessária de defloculante para a defloculação é diretamente proporcional a quantidade de superfície (quantidade de partículas com pequeno diâmetro) que as partículas do material apresentam, pois quanto maior a superfície, maior é a quantidade de cargas negativas nas partículas e maior a quantidade de cátions necessários para a formação da dupla camada iônica, responsável pelo potencial zeta e pela defloculação. O que ocorreu com a Argila Brunel foi que apesar da pequena redução no tamanho de suas partículas, criou-se superfície durante as sete horas de moagem e com isso a necessidade de que cátions provenientes da própria dispersão viessem a migrar de seus antigos postos para essa nova superfície com o objetivo de se manter o equilíbrio eletrostático da dispersão. Tal fenômeno equivale a se diminuir o percentual de defloculante na dispersão ao longo da moagem, o que acarreta um aumento progressivo na viscosidade aparente da mesma devido ao fenômeno da floculação. Com a floculação, as partículas da dispersão formam estruturas que retêm água no seu interior, aumentando a sua concentração efetiva de sólidos. Outra evidência que confirma esta hipótese é a diminuição ocorrida na superfície específica com o tempo de moagem (vide fig. 4.7).

No caso do Filito Castrense, ocorreu uma floculação completa da dispersão logo após a primeira hora de moagem (a viscosidade aparente aumentou de 1.000 Cp para 15.000 Cp e a dispersão assumiu a forma de um "gel"). Tal comportamento é devido aos mesmos motivos que foram expostos no caso anterior, porém agora, tivemos alguns agravantes que aceleraram o processo de floculação. O primeiro é que pela tendência mostrada por suas curvas de distribuição granulométrica esse material pode ser moído com muita facilidade e a moagem é efetiva em todas as faixas de dimensão de suas partículas, criando assim grande quantidade de superfície. Além disso, o percentual de defloculante utilizado para sua defloculação foi muito pequeno (0,10 % em peso) quando comparado ao de uma argila. Com a barbotina floculada, o que pode-se afirmar analisando os resultados obtidos, é que para um aumento linear da superfície específica das partículas da dispersão, durante a moagem, sua viscosidade aparente cresce com uma tendência quadrática.

O Filito Itapeva não apresentou problemas quanto a floculação, pois não se pôde notar alterações significativas em sua viscosidade ao longo do tempo de moagem. A explicação para isso pode ser dada baseando-se na característica da curva de defloculação desse material (vide fig. 4.1) que indica que sua viscosidade sofre pouca alteração em função da quantidade de defloculante, quando comparada as outras matérias-primas (Argila Brunel e Filito Castrense). Com isso, a interferência das forças de interação entre as partículas na viscosidade da dispersão desta matéria-prima é muito pequena. Agora as variáveis que causam modificação na viscosidade são a distribuição de tamanho de partículas e a superfície específica das mesmas. O aumento da viscosidade para o Filito Itapeva pode ser justificado pelo estreitamento da curva de distribuição granulométrica de suas partículas e pelo grande aumento da quantidade de partículas com diâmetro modal (vide ANEXO I pág. 87), pois segundo Einstein [9] (vide fig. 2.19), uma dispersão formada por partículas com mesmo diâmetro possui uma viscosidade maior que outra com a mesma quantidade de partículas com diâmetros dentro de uma distribuição.

Partiremos agora para a análise dos resultados obtidos para as matérias-primas onde não houve a defloculação. Aqui cada matéria-prima foi dispersa inicialmente com uma quantidade de água específica e se acompanhou a evolução da viscosidade aparente durante as sete horas de moagem, desprezando-se os efeitos das forças de interação entre suas partículas.

A Argila Tabatinga, sofreu o menor aumento de viscosidade dentre todas as matérias-primas estudadas, apesar de ter o aumento mais acentuado no tocante a superfície específica. O porque de tal comportamento pode estar fundamentado no fato de para a preparação das cargas de moagem, essa matéria-prima precisou ser misturada a 83 % de água para se obter 1000 Cp de viscosidade. Com isso, a dispersão de suas partículas ficou bastante diluída e os efeitos proporcionados pelo aumento da superfície específica e pela alteração de suas curvas de distribuição granulométrica foram reduzidos em sua intensidade. Com a diluição de uma dispersão de partículas sólidas, a probabilidade do encontro entre duas partículas diminui e logicamente o efeito das alterações de suas características, na viscosidade da dispersão também diminuem.

O Fonolito, cuja barbotina foi preparada com apenas 22,3 % de água, apresentou resultados que dão margem a muita discussão. O primeiro, foi que

dentre as matérias-primas não defloculáveis, o Fonolito foi aquele que apresentou 1000 Cp de viscosidade com a menor concentração de água. Se caracterizou por apresentar uma espécie de "defloculação", quando a ele era adicionado água. A evolução dos resultados de viscosidade aparente com o tempo de moagem iniciou-se com a viscosidade aumentando nas primeiras horas, porém, a partir da quarta hora de moagem, a viscosidade voltou a cair. A princípio, este trabalho não teria fundamentação teórica ou experimental para se analisar tais resultados, podendo apenas formular hipóteses para se tentar explicar esses fenômenos. No que diz respeito a pequena quantidade de água utilizada na preparação da dispersão, as curvas de distribuição granulométrica do material mostram que ele "in natura" (sem moer) tende a possuir uma distribuição "bimodal" com diâmetros preferenciais em torno de 40 $\mu$ m e de 2 a 5 $\mu$ m. Então, ao se adicionar água suas partículas de menor diâmetro se encaixam nos interstícios daquelas de diâmetro maior e o conjunto assume uma forma de empacotamento que o torna fluido, apesar da pequena quantidade de água adicionada. Quanto aos resultados iniciais de viscosidade, torna-se claro que devido a pequena alteração das curvas de distribuição granulométrica, na região dos diâmetros mais finos do material (vide ANEXO I pág. 87), o aumento de viscosidade ocorrido é devido a redução de tamanho das partículas mais grosseiras, que desestabiliza o empacotamento inicial da dispersão. Depois da quarta hora de moagem nota-se uma grande alteração nas curvas de distribuição granulométrica do Fonolito, principalmente por um grande aumento da quantidade de partículas com pequeno diâmetro. Isso indica um grande aumento na quantidade de superfícies e conseqüentemente, cargas elétricas expostas nas partículas, possibilitando a existência de forças de repulsão entre elas, o que acarretaria uma diminuição na viscosidade da dispersão já que não ocorreria mais o contato nem atrito entre elas.

Outra matéria-prima que também apresentou resultados de viscosidade fora do esperado, foi o Quartzito Orleanense. Sua viscosidade aparente praticamente não sofreu alterações durante as quatro primeiras horas de moagem, apesar da grande alteração sofrida em suas curvas de distribuição granulométrica e , conseqüentemente, de superfície específica. Após a quarta hora o valor de viscosidade mostrou uma tendência de aumento, dando um salto de 1200 Cp para 3100 Cp ao final da sexta hora, permanecendo constante até o final das sete horas

de moagem. O comportamento apresentado por essa matéria difere completamente do apresentado pelas demais e qualquer tentativa de esclarece-lo seria mera especulação. Talvez o comportamento desta matéria-prima possa ser semelhante ao do Fonolito porém o tempo de moagem utilizado não foi o suficiente para se notar uma redução de sua viscosidade aparente.

Já no caso do Talco Copami, o comportamento correspondeu ao esperado, com a viscosidade aumentando gradualmente com o tempo de moagem. Seus resultados de análise granulométrica confirmam tal fenômeno pois, durante as sete horas de moagem, suas curvas de distribuição mostraram uma redução no diâmetros das partículas em todas as faixas de dimensão, proporcionando um grande afinamento do material. Além disso, houve um estreitamento da sua distribuição de tamanho de partículas que, associado ao que foi exposto anteriormente, contribui significativamente para o aumento observado nos resultados de viscosidade aparente.

#### **IV.2 – MOAGEM DAS MATÉRIAS-PRIMAS EM GRUPOS E EM CONJUNTO**

Os resultados apresentados na seção 4.1 deixam bem claro que o conjunto de matérias-primas componentes da massa cerâmica grês estudada, pode ser dividido em dois grupos bem diferenciados no que diz respeito a dificuldade de moagem. Existe um grupo de matérias-primas composto pelas Argilas, pelos Filitos e pelo Talco Copami onde os resultados obtidos, para evolução de seus resíduos em peneira 325 mesh e para as medidas de análise granulométrica com o tempo de moagem, mostram a grande facilidade com que elas são moídas, quando comparadas com as demais. Logo, o Fonolito Lages e o Quartzito Orleanense são as matérias-primas que controlam o tempo necessário para a moagem da massa cerâmica em questão. Por isso, neste trabalho foi realizada a moagem destas matérias-primas separadamente com o objetivo de aumentar a eficiência do processo de moagem da massa cerâmica.

Nesta seção, as matérias-primas foram divididas nos dois grupos apresentados anteriormente sendo feito testes de moagem para cada um dos grupos e para o conjunto delas. Um grupo foi denominado de 'MATERIAIS

PLÁSTICOS, composto pelas Argilas e pelos Filitos e o outro de MATERIAIS NÃO PLÁSTICOS que além do Fonolito e do Quartzito foi utilizado também o Talco, já que esse não apresentava o fenômeno da defloculação. Ao conjunto de matérias-primas deu-se o nome de BARBOTINA.

A tabela 4.1 mostra o percentual de cada matéria-prima em cada uma dos grupos e na barbotina.

<b>MATÉRIAS-PRIMAS</b>	<b>BARBOTINA</b>	<b>MATERIAIS PLÁSTICOS</b>	<b>MATERIAIS NÃO PLÁSTICOS</b>
<b>Argila Brunel</b>	35,0	42,9	----
<b>Argila Tabatinga</b>	20,0	24,5	----
<b>Filito Castrense</b>	12,5	15,3	----
<b>Filito Itapeva</b>	12,5	15,3	----
<b>Fonolito Lages</b>	12,0	----	60,0
<b>Quartzito Orleans</b>	3,0	----	15,0
<b>Talco Copami</b>	5,0	----	25,0
<b>Bentonita *</b>	0,8	1,0	----
<b>REFRIX **</b>	0,8	1,1	----
<b>Água ***</b>	38,0	38,0	38,0

\* A Bentonita é um aditivo utilizado na Empresa.(percentual em relação ao material seco).

\*\* Defloculante usado industrialmente (percentual em relação ao material seco).

\*\*\* O percentual de água é em relação ao material seco.

Tabela 4.1: Percentuais em Massa de cada Matéria-prima nos Grupos e na Barbotina.

#### IV.2.1- Evolução do Resíduo em Peneira 325 Mesh em Função do Tempo de Moagem.

Os resultados de resíduo em peneira 325 mesh para os dois grupos de matérias-primas e para a barbotina são apresentados na figura 4.8.

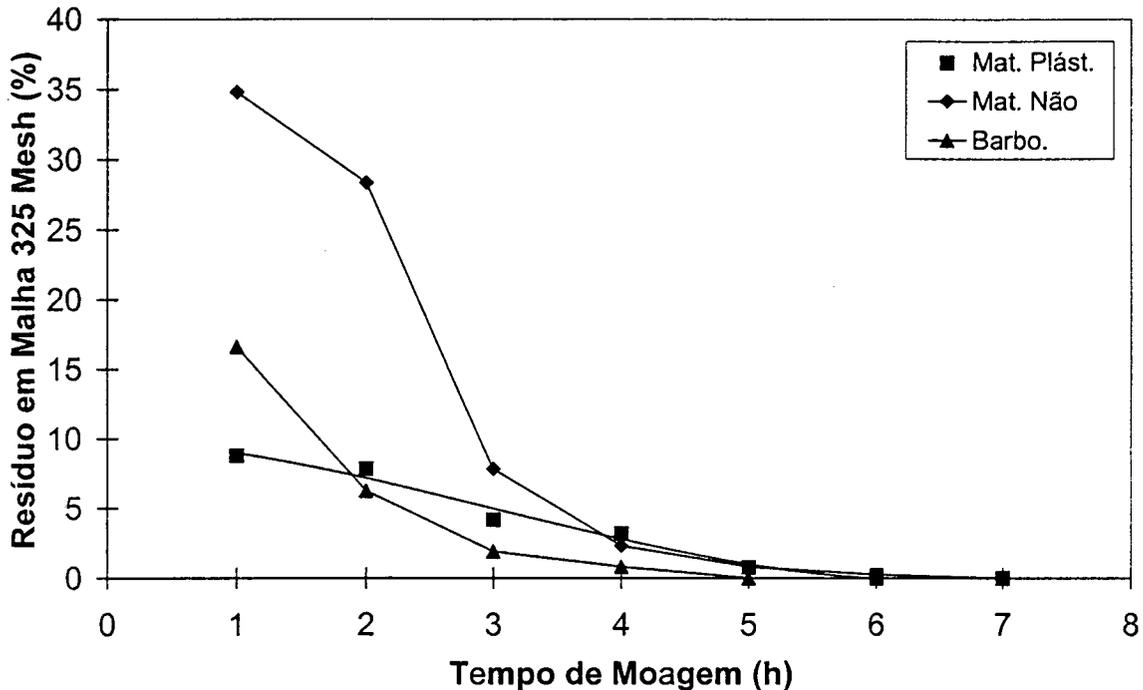


Figura 4.8: Evolução do Resíduo em Peneira 325 mesh com o Tempo de moagem para os dois Grupos de Matérias-primas e para a Barbotina.

Os resultados obtidos mostram claramente a grande taxa (tangente da curva em cada ponto) com que é reduzido o resíduo em peneira 325 mesh dos materiais não plásticos comparando-o com os materiais plásticos e com a barbotina. Nota-se que a curva que representa a barbotina inicia com uma significativa diminuição no valor de resíduo, porém após a terceira hora de moagem, ela sofre um amortecimento, atingindo 0 % de resíduo na quinta hora. Para os materiais plásticos a redução é a mais lenta dentre todas e só atinge 0 % de resíduo com seis horas de moagem. No caso dos materiais não plásticos o amortecimento da curva só acontece entre a quarta e quinta hora e o 0% é atingido na sexta hora de moagem.

Como já foi dito anteriormente, o percentual de resíduo é uma variável utilizada para indicar a evolução da moagem de um determinado material.

Analisando os resultados, vemos que matérias-primas que anteriormente eram de difícil moabilidade, como o caso do Fonolito e do Quartzito, quando misturadas apresentaram um comportamento completamente diferente. A conclusão lógica que podemos tirar disso é que quando misturamos materiais com diferentes durezas (Fonolito e Quartzito), as partículas daquele material mais duro acabam atuando diretamente na moagem das daquele com dureza inferior, tornando o processo de moagem mais efetivo. As partículas do material duro, funcionam como "elementos moedores" de pequeno diâmetro que moem as demais através do atrito de umas em relação as outras. Tal afirmação pode ser comprovada, pela comparação dos resultados obtidos para o caso dos materiais plásticos e para a barbotina. O grupo dos materiais plásticos é composto pelas argilas e pelos filitos, que são matérias-primas de fácil moagem, porém, quando misturados sofrem uma pequena redução de resíduo ao longo da moagem. A simples introdução de materiais duros na mistura (barbotina), apesar de inicialmente aumentar o resíduo do conjunto, faz acelerar a velocidade de redução desta variável. Por outro lado, a mistura dos materiais pastichos aos não plásticos (barbotina) interfere negativamente na moagem dos últimos (menor redução de resíduo), pois sua quantidade relativa é menor e a probabilidade de suas partículas se encontrarem também é menor.

#### **IV.2.2 - A Influência do Tempo de Moagem nas Distribuições Granulométricas**

Da mesma maneira que no item IV.1.3, os resultados de distribuição de freqüência e distribuição acumulativa serão apresentados e discutidos separadamente e estão colocados no ANEXO II deste trabalho.

#### **Evolução das Curvas de Distribuição de Freqüência com o Tempo de Moagem**

As curvas de distribuição de freqüência ao longo do tempo de moagem para os grupos de matérias-primas e para a barbotina, confirmam nitidamente os

resultados obtidos para o resíduo em peneira 325 mesh. Os materiais plásticos após uma hora de moagem possuem partículas sempre inferiores a 80  $\mu\text{m}$  e suas curvas mostram uma redução lenta e gradual no tamanho de suas partículas mais grosseira até que após a sétima hora o diâmetro máximo delas é de 56  $\mu\text{m}$  (vide ANEXO II pág. 151). Suas curvas indicam que após a quarta hora a moagem deixa de ser eficiente, pois não se tem praticamente nenhuma alteração em sua distribuição granulométrica. Além disso a moagem não é eficiente na faixa de suas partículas mais finas, ocorrendo apenas a transformação de grossos em partículas com diâmetro modal (5 a 7  $\mu\text{m}$ ). Na realidade, pode-se dizer que não há praticamente moagem deste conjunto de matérias-primas, mais sim apenas uma mistura e desagregação de aglomerados de partículas.

Os materiais não plásticos, pelo contrário, sofrem uma intensa redução de seus diâmetros mais grosseiros tendo, após uma hora de moagem, 100 % de suas partículas menores que 161  $\mu\text{m}$  e ao final das sete horas todas são menores que 56  $\mu\text{m}$  (vide ANEXO II pág. 151). A moagem é efetiva em toda a faixa de dimensão de suas partículas e deixa de ser eficiente após a sexta hora de operação. Ainda vale salientar, que a curva de distribuição deste grupo de matérias ao final das sete horas de moagem, se mantém bem mais estreita quando comparada com as das três materiais moídos isoladamente. Mais um ponto que confirma a hipótese de que a moagem de materiais com má moabilidade (elevada dureza) em conjunto, é mais eficiente do que a moagem dos mesmos individualmente.

Analisando os resultados para a barbotina, a hipótese de que a mistura de materiais com elevada dureza (materiais não plásticos) aos materiais plásticos, aceleram o sua "moagem" é confirmada. As curvas da barbotina mostram que a redução dos diâmetros mais grosseiros é muito mais acentuada (vide ANEXO II pág.151); Observando-se após uma hora de moagem 100 % das partículas menores que 95  $\mu\text{m}$  e ao final das sete horas todas elas menores que 56  $\mu\text{m}$ . Mesmo partindo de um valor inicial de diâmetro maior, ao final da moagem, tanto a barbotina quanto os materiais não plásticos possuem as partículas grosseiras sempre inferiores 56  $\mu\text{m}$ . Por outro lado, os resultados mostram que a moagem só é realmente efetiva até a terceira hora (vide curvas de distribuição granulométrica); a curva sofre um amortecimento, tornando mais difícil a moagem dos grossos da distribuição. Não se pode deixar de lembrar que a grande parte das partículas mais grosseiras da

barbotina é proveniente do Fonolito e do Quartzito e um amortecimento na eficiência de moagem atua diretamente no aumento da dificuldade de se reduzir os diâmetros das partículas dos materiais que possuem a pior moabilidade.

### Evolução das Curvas de Distribuição Acumulativa com o Tempo de Moagem

Como no mesmo item da seção anterior, trataremos agora da análise dos resultados obtidos para a evolução dos diâmetros para 90 %, 50% e 10% acumulados para os grupos de matérias-primas e para a barbotina. A figura 4.9 apresenta os resultados de diâmetro para 90 % acumulado.

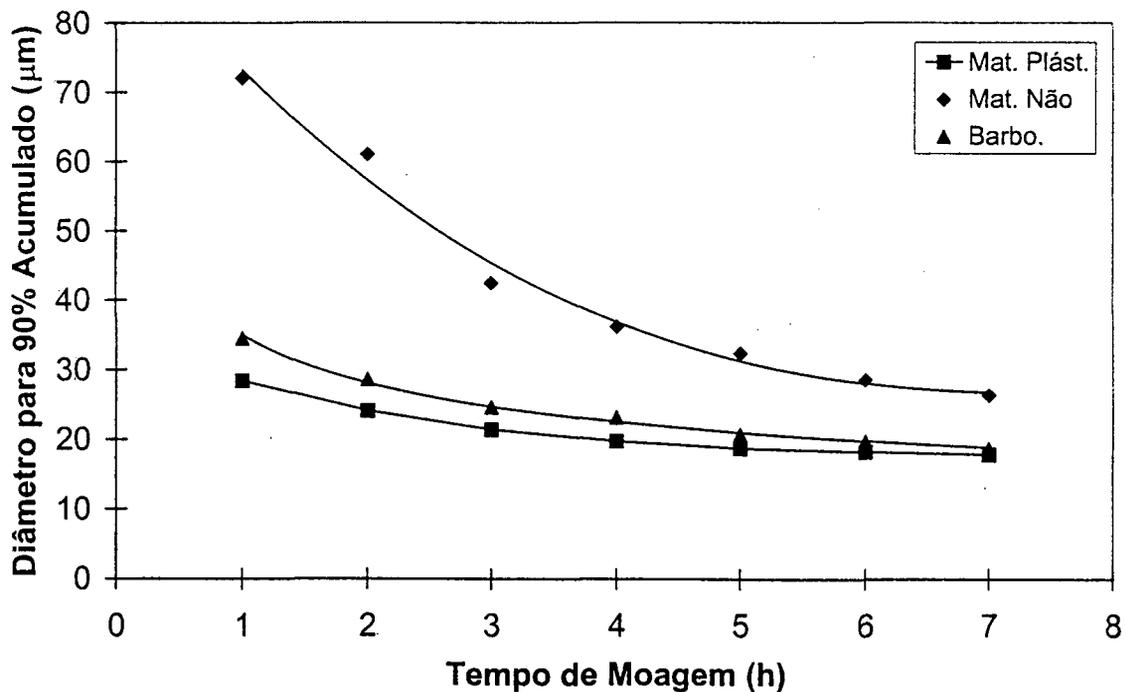


Figura 4.9: Evolução do Diâmetro para 90% Acumulado com o Tempo de Moagem para os Grupos e para a Barbotina.

O primeiro aspecto que se pode notar é a mudança de comportamento das curvas quando comparadas com as obtidas na seção IV.1.3 (vide pág. 59). Naquela oportunidade o gráfico mostrava retas e as matérias-primas tinham, por isso, uma

taxa de redução de diâmetro constante ao longo de toda a moagem. Isso indica que a mistura de matérias-primas interfere diretamente na taxa de redução de diâmetro. Agora essa não é mais constante e é indicada pela tangente à curva em cada ponto. Analisando os comportamentos vemos que, claramente os materiais não plásticos apresentam uma taxa de redução de diâmetro, para 90 % acumulado (partículas grosseiras), sempre maior que os demais, sendo ela no máximo igual após a sexta hora de moagem. Os materiais plásticos, confirmando os resultados de resíduo, possuem as menores taxas de redução de diâmetro permanecendo constante já após as terceira hora de moagem. A barbotina apresentou valores intermediários entre os dois grupos, ficando mais próxima dos materiais plásticos, já que em sua composição tem-se 80 % de matérias-primas que fazem parte desse grupo. Além disso, pode-se afirmar que a presença dos materiais plásticos na barbotina retarda a taxa de redução dos diâmetros de suas partículas mais grosseiras, que são justamente provenientes do Fonolito e do Quartzito.

A figura 4.10 mostra os resultados relativos a diâmetro para 50 % acumulado, ou seja, para a faixa intermediária de diâmetros das distribuições. Neste ponto, praticamente já não se tem mais a moagem dos materiais plásticos (velocidade nula) e para a barbotina o diâmetro intermediário é reduzido lentamente. Os materiais não plásticos continuam apresentando os maiores valores de velocidade e sua curva foi aproximada a uma reta para uma melhor comparação com as demais, apesar de mostrar nitidamente uma tendência semelhante a apresentada para o X90. Aqui, os resultados indicam que a presença dos materiais não plásticos na barbotina auxiliam na moagem dos diâmetros intermediários da barbotina, que são formados na grande maioria por partículas de materiais plásticos e que como os próprios resultados mostram, não são reduzidos quando moídos sozinhos.

Os resultados de diâmetro para 10 % acumulado são apresentados na figura 4.11. Como esperado, temos as menores taxas de redução de diâmetro com os materiais plásticos apresentando taxa nula. Os resultados para a barbotina são explicados pelo mesmo argumento apresentado na discussão do diâmetro para 50% acumulado. Os materiais não plásticos continuaram tendo a maior taxa de redução, mesmo na faixa de suas partículas mais finas.

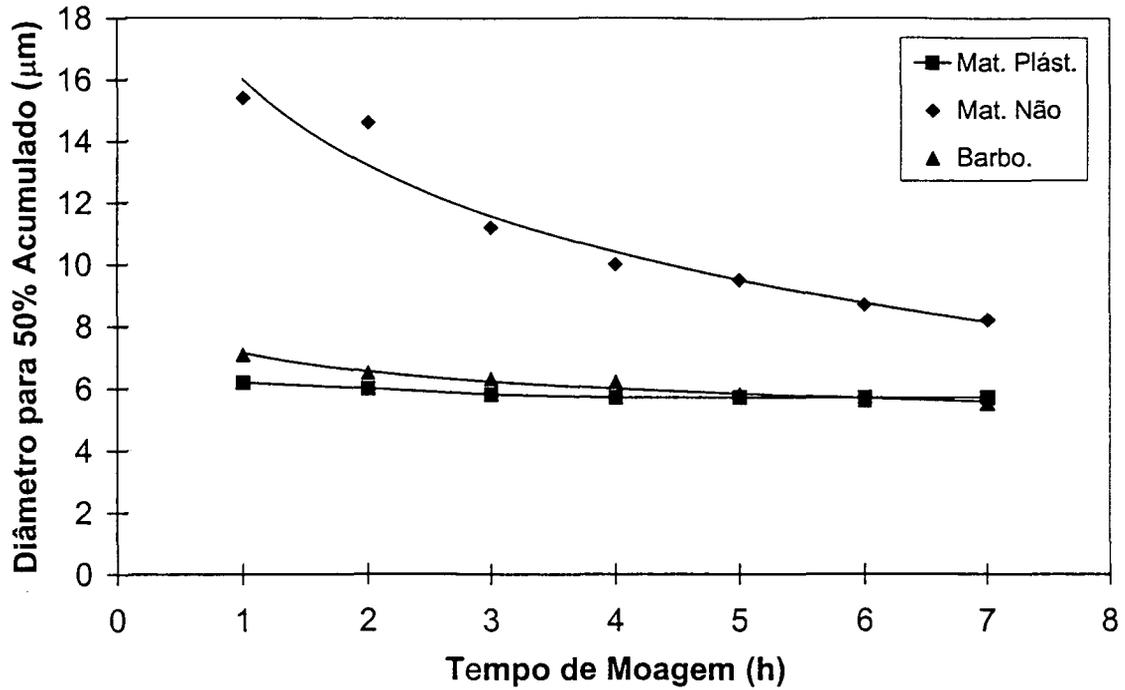


Figura 4.10: Evolução do Diâmetro para 50 % Acumulado com o Tempo de Moagem para os Grupos e para a Barbotina.

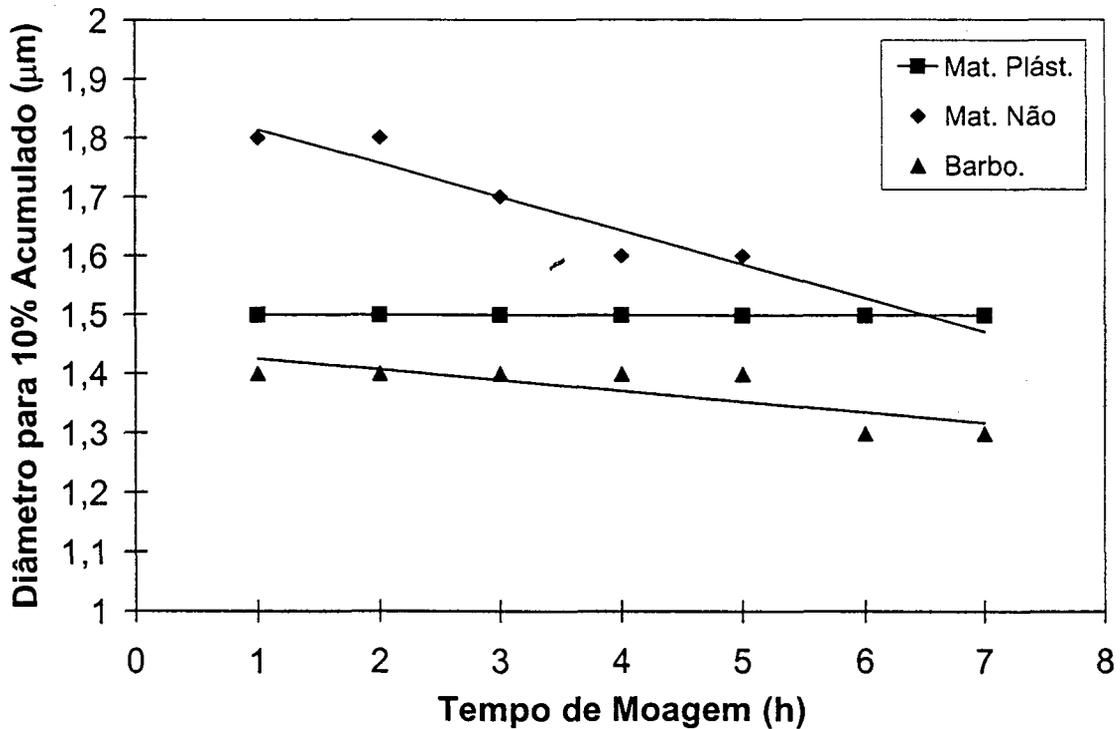


Figura 4.11: Evolução do Diâmetro para 10% Acumulado com o Tempo de Moagem par os Grupos e para a Barbotina.

Tudo que foi exposto até agora, nesta seção, confirma claramente a hipótese apresentada anteriormente para o caso da moagem das matérias-primas individualmente. A taxa de redução é diretamente proporcional ao diâmetro da partícula e da quantidade relativa deste diâmetro na distribuição granulométrica do material. Os materiais não plásticos são formados praticamente por Fonolito e Quartzito e, estes materiais, como mostram suas distribuições granulométricas (vide ANEXO I pág. 87), são aqueles que apresentam as partículas mais grosseiras e em maior quantidade, logo, os materiais não plásticos apresentam os maiores valores de velocidade de redução. O que podemos acrescentar agora, analisando os resultados obtidos, é que a presença de materiais com elevada dureza acelera a taxa de redução de diâmetro, já que suas partículas atuam como elementos moedores de pequeno diâmetro, os quais trituram aquelas de dureza menor. Além disso, a taxa de redução também é proporcional a quantidade relativa destes materiais. A confirmação disto está mostrada nos resultados: ao se misturar Fonolito, Quartzito e Talco para a composição dos materiais não plásticos, obtive-se resultados de taxa de redução muito maiores em todas as faixas de diâmetro, quando comparados aos obtidos na moagem individual de cada matéria-prima. A mistura dos materiais não plásticos aos plásticos, para formação da barbotina, fez com que suas taxas fossem sempre maiores que as dos materiais plásticos .

Finalmente, como os materiais não plásticos apresentam a maior quantidade relativa de materiais duros, tiveram os maiores valores de velocidade de redução.

#### **IV.2.3- Influência do Tempo de Moagem na Viscosidade Aparente dos Grupos de Matérias-Primas e da Barbotina.**

Inicialmente, faz-se necessário mostrar a evolução da superfície específica com o tempo de moagem dos grupos de matérias-primas e da barbotina, para que sirvam como auxílio na análise dos resultados de viscosidade aparente dos mesmos. A figura 4.12 mostra esses resultados.

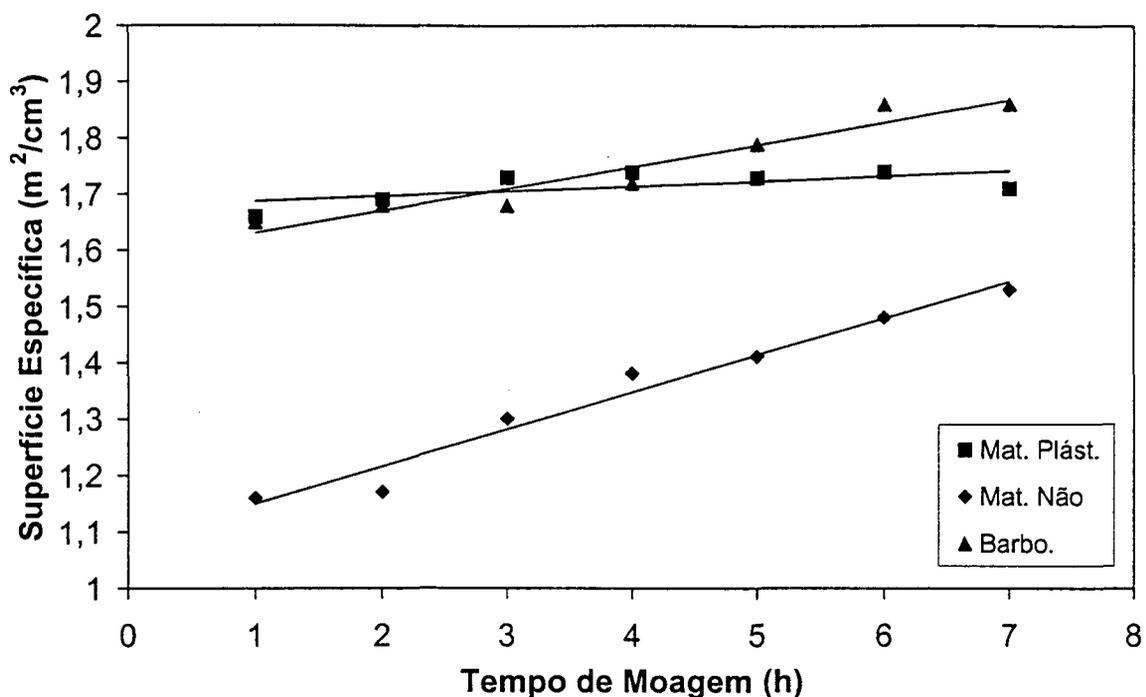


Figura 4.12: Evolução da Superfície Específica com o Tempo de moagem para os Grupos e para a Barbotina.

Observando a figura 4.13, pode-se notar algumas características importantes do comportamento da viscosidade aparente dos grupos de matérias-primas e da barbotina durante o processo de moagem. Nota-se que a utilização de outro tipo de deflocuante (REFRIX), a alteração da quantidade de água utilizada na preparação das dispersões e a mistura das matérias-primas fez com que se reduzisse muito a viscosidade aparente quando comparadas as obtidas na etapa da moagem individual. Além disso, praticamente não houve alteração de viscosidade durante as sete horas de moagem tanto para os grupos de matérias-primas quanto para a barbotina.

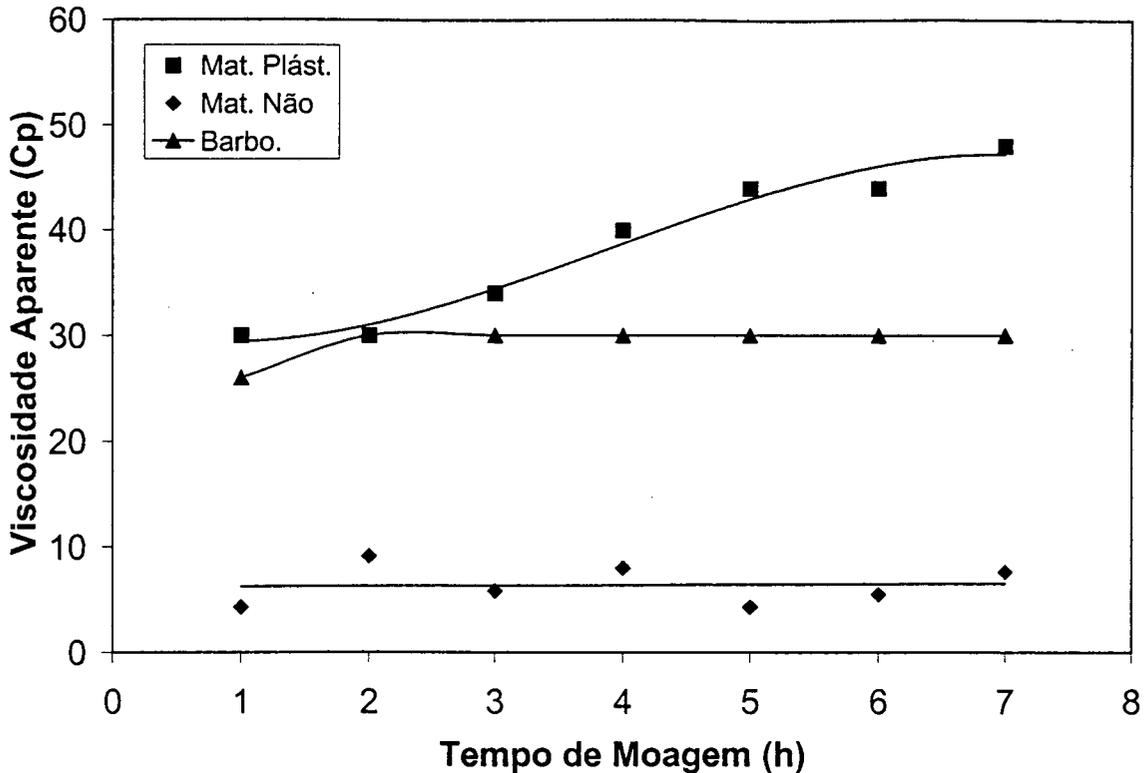


Figura 4.13: Evolução da Viscosidade Aparente com o Tempo de Moagem para os Grupos de Matérias-primas e para a Barbotina.

Tentando explicar estes fenômenos podemos afirmar que os materiais não plásticos apresentaram uma viscosidade bastante baixa, devido a presença de grande quantidade de Fonolito (60 %), que ao ser misturado com 38 % de água fez com que a viscosidade da dispersão caísse. Não se pode esquecer que o Fonolito apresenta uma brusca redução de viscosidade quando se adiciona a ele 21 % de água e a introdução de 38 % de água deve ter feito esta variável atingir tal valor. O comportamento de não se alterar a viscosidade, apesar de uma grande alteração da superfície específica, já foi apresentado pelo quartzito (que faz parte desse grupo) e não pode ser explicado. Provavelmente, o aumento que se obtém na viscosidade aparente ao final da moagem individual do Quartzito possa ser compensado pela redução que sofre o Fonolito.

Quanto aos materiais plásticos, pode-se afirmar que a introdução de outro tipo de defloculante, juntamente com o aumento da quantidade de água utilizada no preparo da dispersão diminuiu a viscosidade e aumentou a estabilidade da mesma,

pois os resultados mostram que não houveram problemas de floculação durante toda a operação de moagem. O pequeno aumento obtido, provavelmente deve-se ao aumento de superfície específica sofrido pelo material.

A mistura dos materiais não plásticos aos plásticos quando do preparo da barbotina, diminui sua viscosidade além de mante-la estável até o final da operação de moagem. Apesar de a Barbotina sofrer um maior aumento de superfície específica do que os materiais plásticos, sua viscosidade foi sempre menor, o que comprova a afirmação anterior.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSÕES

### V.1 - MOAGEM DAS MATÉRIAS PRIMAS INDIVIDUALMENTE

- O procedimento experimental adotado nesta etapa se mostrou eficiente para a identificação do grau de "moabilidade" das matérias primas estudadas.

-- Foi identificado que o Fonolito Lages, juntamente com o Quartzito Orianense são as matérias primas que controlam o tempo de moagem da massa cerâmica em questão.

- O Fonolito e o Quartzito apresentaram um comportamento anômalo com relação a evolução da viscosidade aparente de suas barbotinas em função do tempo de moagem, portanto um estudo mais aprofundado deste comportamento deve ser realizado.

- As Argilas, tanto a Brunel quanto a Tabatinga, não sofrem um processo de moagem propriamente dita, sendo apenas desagregadas e homogêneas durante a operação de moagem.

- O Talco Copami, o Filito Castrense e o Filito Itapeva são matérias primas com excelente "moabilidade".

- A taxa de redução de tamanho das partículas durante a moagem de uma matéria-prima é maior para aquelas que apresentam uma distribuição de grosseira (grande percentual de partículas grandes).

## V.2 - MOAGEM DAS MATÉRIAS PRIMAS EM GRUPOS E EM CONJUNTO

- A mistura dos materiais não plásticos aos plásticos, quando do preparo da barbotina, auxilia o processo de desagregação destes últimos. Por outro lado, a presença dos materiais plásticos, interfere negativamente na moagem dos não plásticos, que são aqueles que devem ser realmente moídos.

- A presença do Fonolito junto ao Quartzito tornou a moagem do conjunto mais eficiente do que quando estas matérias primas eram moídas individualmente.

- A moagem das matérias primas estudadas deve ser feita, para fins de melhor eficiência, em separado, com moinhos moendo os materiais não plásticos e com outros fazendo a desagregação e homogeneização dos materiais plásticos.

- A viscosidade aparente da barbotina e dos materiais plásticos e não plásticos sofre apenas uma pequena variação durante a moagem, o que indica a capacidade de defloculação do defloculante REFRIX.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - FERRARI, R. Manuale della Macinazione con Mulini a Tamburo Rotante. Faenza Edirice, Faenza, 1985.
- 2 - DUDA, W.,. Cement Data Book - International Process Engineering In the Cement Industry. McDonald Evans London, Darmstadt, 1976.
- 3 - PERRY, R. H. & CHILTON, C. H. Manual de Engenharia Química. Guanabara Dois, 5ª edição, Rio de Janeiro, 1980.
- 4 - STANLEY - WOOD, N. G. Enlargement and Compaction of Particulate Solids. Butterworths & Co., First edition, London, 1983.
- 5 - ORTS, M. J. ; CAMPOS, B. ; PICÓ M. & GOZALBO, A. Método de Análisis Granulométrico. Aplicación al Control de la Granulometría de Materias Primas (I). Técnica Cerámica. 210 : 18 - 23, Casteli6n.
- 6 - ORTS, M. J. ; CAMPOS, B. ; PICÓ M. & GOZALBO, A. Método de Análisis Granulométrico. Aplicación al Control de la Granulometría de Materias Primas (II). Técnica Cerámica. 211 : 138 - 147, Casteli6n.
- 7 - SVAROVSKY, L. Solid - Liquid Separation. Butterworths & Co., Second edition, London, 1981.
- 8 - SOUZA SANTOS, P. Ci6ncia e Tecnologia das Argilas. Vol. 1. Editora Edgard Blucher Ltda., 2ª edi66o, S6o Paulo, 1989.
- 9 - NAVARRO, J. E. E. ; AMOROS ALBARO, J. L. & MONZO FUSTER, M. Tecnologia Cer6mica - Pastas Cer6micas. Vol. II. Instituto de Quimica Tecnica - Universidad de Valencia, Valencia.

10 - NORTON, F. H. Fundamental Study of Clay: VIII, A New Theory for the Plasticity of Clay - Water Masses. *Journal of the American Ceramic Society*. Vol 31, nº 8 : 236 - 241, 1948.

11 - HOLDRIDGE, D. A. & MOORE, F. The Significance of Clay - Water Relationships in Ceramics. *Review, British Research Association*, 1952.

12 - MALISKA, A. M. Efeito da Concentração, Massa Molar e Temperatura nas Propriedades Reológicas de Soluções de Dextranas. *Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis*, 1988.

## ANEXO I

Resultados das Análises Granulométricas para cada Matéria Prima Moída Individualmente, pela seqüência:

- Curvas de Distribuição de Frequência.
- Curvas de Distribuição Acumulativa.
- Tabelas com os Resultados das Análises.

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

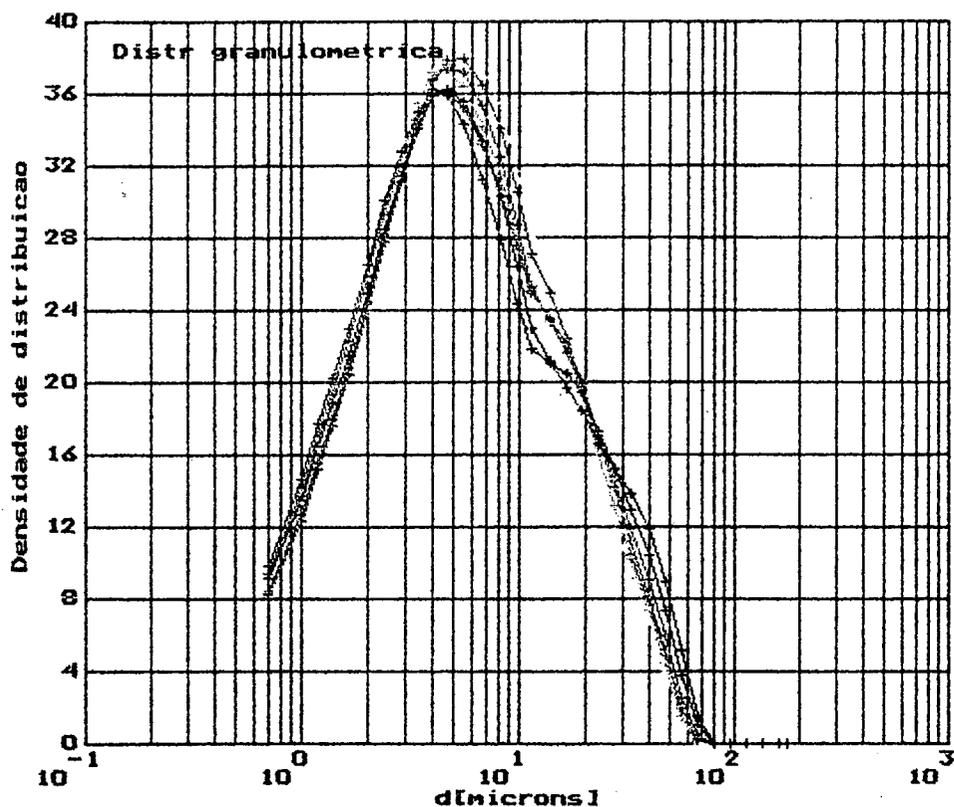
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 31.05.93 / 16:47  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm<sup>3</sup>

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
Comments2 Argila Brunel moida por uma (1) hora.



- + ARGBRU\_6
- + ARGBRU\_5
- + ARGBRU\_4
- + ARGBRU\_3
- + ARGBRU\_2
- + ARGBRU\_1

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

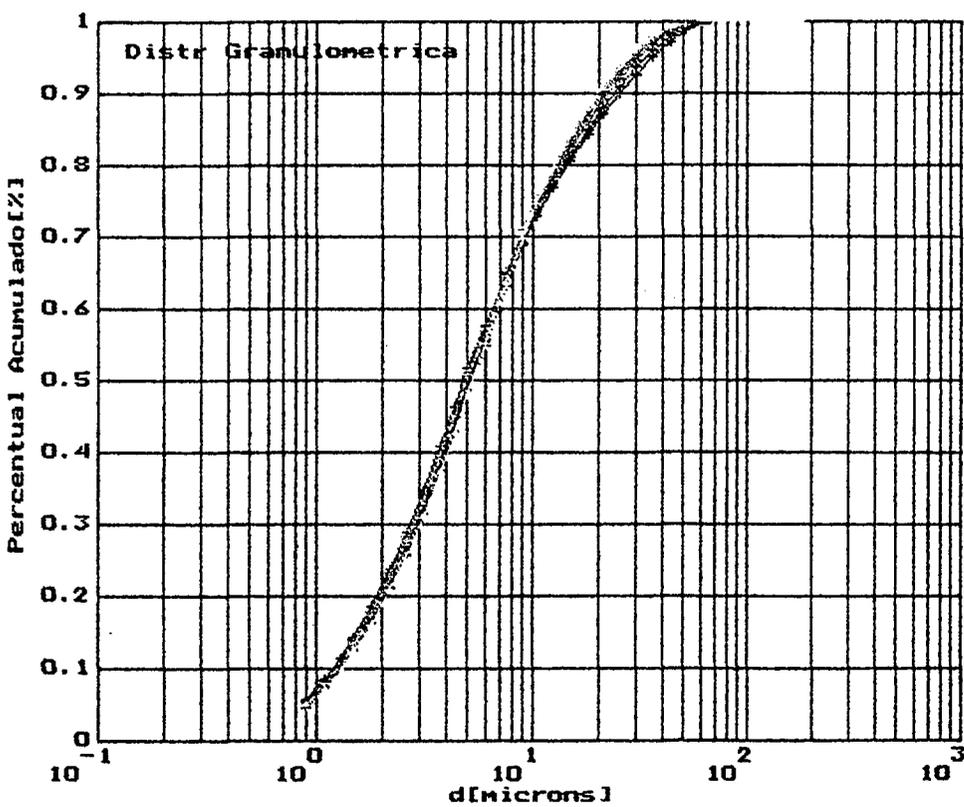
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 31.05.93 / 16:05  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moída por sete (7) horas.



- + ARGBRU\_1
- + ARGBRU\_2
- + ARGBRU\_3
- + ARGBRU\_4
- + ARGBRU\_5
- + ARGBRU\_6

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 31.05.93 / 16:47  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moída por uma (1) hora.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	5.20	94.80	0.70	129.99	9.10	5.20
1.10	7.91	92.09	1.00	135.34	13.53	2.71
1.30	10.65	89.35	1.20	137.02	16.44	2.74
1.50	13.34	86.66	1.40	134.42	18.82	2.69
1.80	17.25	82.75	1.65	130.42	21.52	3.91
2.20	22.24	77.76	2.00	124.85	24.97	4.99
2.60	26.98	73.02	2.40	118.48	28.44	4.74
3.10	32.49	67.51	2.85	110.09	31.38	5.50
3.70	38.49	61.51	3.40	100.06	34.02	6.00
4.30	43.87	56.13	4.00	89.66	35.86	5.38
5.00	49.33	50.67	4.65	78.00	36.27	5.46
6.00	55.79	44.21	5.50	64.65	35.56	6.47
7.50	63.21	36.79	6.75	49.42	33.36	7.41
9.00	68.72	31.28	8.25	36.73	30.30	5.51
10.50	72.78	27.22	9.75	27.08	26.40	4.06
12.50	76.77	23.23	11.50	19.97	22.97	3.99
15.00	80.62	19.38	13.75	15.38	21.15	3.85
18.00	84.20	15.80	16.50	11.93	19.68	3.58
21.00	87.02	12.98	19.50	9.43	18.38	2.83
25.00	89.90	10.10	23.00	7.20	16.56	2.88
30.00	92.67	7.33	27.50	5.54	15.23	2.77
36.00	95.19	4.81	33.00	4.19	13.82	2.51
43.00	97.28	2.72	39.50	3.00	11.84	2.10
51.00	98.81	1.19	47.00	1.90	8.95	1.52
61.00	99.72	0.28	56.00	0.92	5.14	0.92
73.00	<u>100.00</u>	0.00	67.00	0.23	1.54	0.28
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.25 mym      x50 = 5.10 mym      x90 = 25.17 mym  
 x5 = 0.88 mym      x16 = 1.70 mym      x84 = 17.84 mym  
 Sv= 1.93 m2/cm3      Sm= 7145.15 cm2/g      c\_opt= 24.7 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 01.06.93 / 10:49  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_2.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moída por duas (2) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	5.61	94.39	0.70	140.13	9.81	5.61
1.10	8.52	91.48	1.00	145.73	14.57	2.91
1.30	11.47	88.53	1.20	147.33	17.68	2.95
1.50	14.35	85.65	1.40	144.29	20.20	2.89
1.80	18.54	81.46	1.65	139.55	23.03	4.19
2.20	23.85	76.15	2.00	132.84	26.57	5.31
2.60	28.86	71.14	2.40	125.15	30.04	5.01
3.10	34.61	65.39	2.85	115.02	32.78	5.75
3.70	40.79	59.21	3.40	102.97	35.01	6.18
4.30	46.23	53.77	4.00	90.64	36.26	5.44
5.00	51.62	48.38	4.65	77.11	35.86	5.40
6.00	57.85	42.15	5.50	62.26	34.24	6.23
7.50	64.79	35.21	6.75	46.29	31.25	6.94
9.00	69.87	30.13	8.25	33.82	27.90	5.07
10.50	73.61	26.39	9.75	24.96	24.33	3.74
12.50	77.41	22.59	11.50	19.00	21.85	3.80
15.00	81.24	18.76	13.75	15.33	21.07	3.83
18.00	84.95	15.05	16.50	12.37	20.41	3.71
21.00	87.94	12.06	19.50	9.96	19.41	2.99
25.00	90.95	9.05	23.00	7.52	17.29	3.01
30.00	93.71	6.29	27.50	5.53	15.22	2.77
36.00	96.07	3.93	33.00	3.93	12.96	2.36
43.00	97.91	2.09	39.50	2.63	10.37	1.84
51.00	99.15	0.85	47.00	1.56	7.31	1.24
61.00	99.82	0.18	56.00	0.67	3.75	0.67
73.00	<u>100.00</u>	0.00	67.00	0.15	0.98	0.18
87.00	<u>100.00</u>	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.20 mym      x50 = 4.79 mym      x90 = 23.74 mym  
 x5 = 0.86 mym      x16 = 1.62 mym      x84 = 17.23 mym

Sv= 2.02 m2/cm3      Sm= 7469.22 cm2/g      c\_opt= 27.0 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 28.05.93 / 09:14  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_3.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moída por tres (3) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.80	95.20	0.70	119.99	8.40	4.80
1.10	7.33	92.67	1.00	126.33	12.63	2.53
1.30	9.92	90.08	1.20	129.48	15.54	2.59
1.50	12.48	87.52	1.40	128.27	17.96	2.57
1.80	16.26	83.74	1.65	125.89	20.77	3.78
2.20	21.14	78.86	2.00	121.98	24.40	4.88
2.60	25.82	74.18	2.40	117.09	28.10	4.68
3.10	31.33	68.67	2.85	110.17	31.40	5.51
3.70	37.41	62.59	3.40	101.36	34.46	6.08
4.30	42.92	57.08	4.00	91.82	36.73	5.51
5.00	48.57	51.43	4.65	80.72	37.54	5.65
6.00	55.33	44.67	5.50	67.59	37.17	6.76
7.50	63.17	36.83	6.75	52.26	35.28	7.84
9.00	69.07	30.93	8.25	39.34	32.46	5.90
10.50	73.48	26.52	9.75	29.42	28.68	4.41
12.50	77.88	22.12	11.50	21.97	25.27	4.39
15.00	82.12	17.88	13.75	16.99	23.36	4.25
18.00	86.05	13.95	16.50	13.08	21.58	3.92
21.00	89.09	10.91	19.50	10.14	19.77	3.04
25.00	92.05	7.95	23.00	7.40	17.02	2.96
30.00	94.69	5.31	27.50	5.28	14.51	2.64
36.00	96.85	3.15	33.00	3.60	11.88	2.16
43.00	98.45	1.55	39.50	2.28	9.02	1.60
51.00	99.45	0.55	47.00	1.26	5.91	1.01
61.00	99.91	0.09	56.00	0.46	2.56	0.46
73.00	100.00	0.00	67.00	0.07	0.50	0.09
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.31 mym      x50 = 5.21 mym      x90 = 22.23 mym  
 x5 = 0.92 mym      x16 = 1.78 mym      x84 = 16.43 mym

Sv= 1.88 m2/cm3      Sm= 6971.66 cm2/g      c\_opt= 23.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 28.05.93 / 11:11  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_5.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moida por cinco (5) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	5.21	94.79	0.70	130.37	9.13	5.21
1.10	7.95	92.05	1.00	136.90	13.69	2.74
1.30	10.75	89.25	1.20	139.89	16.79	2.80
1.50	13.51	86.49	1.40	138.18	19.34	2.76
1.80	17.56	82.44	1.65	134.96	22.27	4.05
2.20	22.76	77.24	2.00	129.83	25.97	5.19
2.60	27.70	72.30	2.40	123.55	29.65	4.94
3.10	33.44	66.56	2.85	114.86	32.73	5.74
3.70	39.69	60.31	3.40	104.12	35.40	6.25
4.30	45.26	54.74	4.00	92.85	37.14	5.57
5.00	50.88	49.12	4.65	80.25	37.31	5.62
6.00	57.49	42.51	5.50	66.13	36.37	6.61
7.50	65.08	34.92	6.75	50.58	34.14	7.59
9.00	70.78	29.22	8.25	38.03	31.37	5.70
10.50	75.08	24.92	9.75	28.67	27.95	4.30
12.50	79.44	20.56	11.50	21.78	25.05	4.36
15.00	83.70	16.30	13.75	17.07	23.46	4.27
18.00	87.64	12.36	16.50	13.12	21.65	3.94
21.00	90.64	9.36	19.50	9.99	19.48	3.00
25.00	93.44	6.56	23.00	7.02	16.15	2.81
30.00	95.83	4.17	27.50	4.77	13.12	2.39
36.00	97.68	2.32	33.00	3.08	10.18	1.85
43.00	98.97	1.03	39.50	1.85	7.30	1.29
51.00	99.73	0.27	47.00	0.94	4.42	0.75
61.00	99.99	0.01	56.00	0.26	1.46	0.26
73.00	100.00	0.00	67.00	0.01	0.07	0.01
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.25 mym      x50 = 4.89 mym      x90 = 20.36 mym  
 x5 = 0.88 mym      x16 = 1.68 mym      x84 = 15.23 mym

Sv= 1.97 m2/cm3      Sm= 7314.31 cm2/g      c\_opt= 22.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 31.05.93 / 15:34  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moida por seis (6) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/s
0.90	4.69	95.31	0.70	117.29	8.21	4.69
1.10	7.16	92.84	1.00	123.61	12.36	2.47
1.30	9.70	90.30	1.20	126.84	15.22	2.54
1.50	12.22	87.78	1.40	125.78	17.61	2.52
1.80	15.93	84.07	1.65	123.65	20.40	3.71
2.20	20.73	79.27	2.00	120.07	24.01	4.80
2.60	25.35	74.65	2.40	115.57	27.74	4.62
3.10	30.81	69.19	2.85	109.15	31.11	5.46
3.70	36.86	63.14	3.40	100.91	34.31	6.05
4.30	42.38	57.62	4.00	91.95	36.78	5.52
5.00	48.08	51.92	4.65	81.46	37.88	5.70
6.00	54.97	45.03	5.50	68.90	37.90	6.89
7.50	63.08	36.92	6.75	54.04	36.48	8.11
9.00	69.28	30.72	8.25	41.31	34.08	6.20
10.50	73.97	26.03	9.75	31.33	30.54	4.70
12.50	78.69	21.31	11.50	23.56	27.10	4.71
15.00	83.21	16.79	13.75	18.09	24.88	4.52
18.00	87.29	12.71	16.50	13.60	22.44	4.08
21.00	90.34	9.66	19.50	10.16	19.80	3.05
25.00	93.15	6.85	23.00	7.02	16.15	2.81
30.00	95.53	4.47	27.50	4.76	13.10	2.38
36.00	97.41	2.59	33.00	3.14	10.35	1.88
43.00	98.78	1.22	39.50	1.95	7.71	1.37
51.00	99.61	0.39	47.00	1.05	4.92	0.84
61.00	99.95	0.05	56.00	0.34	1.90	0.34
73.00	100.00	0.00	67.00	0.04	0.25	0.05
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.32 mym      x50 = 5.28 mym      x90 = 20.67 mym  
 x5 = 0.92 mym      x16 = 1.81 mym      x84 = 15.58 mym  
 Sv= 1.87 m2/cm3      Sm= 6914.69 cm2/g      c\_opt= 19.9 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 40 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 31.05.93 / 16:05  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGBRU\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Brunel - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (defloculante)  
 Comments2 Argila Brunel moida por sete (7) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	4.74	95.26	0.70	118.48	8.29	4.74
1.10	7.23	92.77	1.00	124.39	12.44	2.49
1.30	9.77	90.23	1.20	127.13	15.26	2.54
1.50	12.28	87.72	1.40	125.71	17.60	2.51
1.80	15.98	84.02	1.65	123.26	20.34	3.70
2.20	20.76	79.24	2.00	119.51	23.90	4.78
2.60	25.36	74.64	2.40	114.98	27.60	4.60
3.10	30.80	69.20	2.85	108.69	30.98	5.43
3.70	36.84	63.16	3.40	100.78	34.27	6.05
4.30	42.38	57.62	4.00	92.22	36.89	5.53
5.00	48.13	51.87	4.65	82.17	38.21	5.75
6.00	55.13	44.87	5.50	70.01	38.50	7.00
7.50	63.43	36.57	6.75	55.37	37.38	8.31
9.00	69.83	30.17	8.25	42.64	35.18	6.40
10.50	74.70	25.30	9.75	32.49	31.67	4.87
12.50	79.57	20.43	11.50	24.36	28.01	4.87
15.00	84.19	15.81	13.75	18.46	25.38	4.61
18.00	88.27	11.73	16.50	13.61	22.45	4.08
21.00	91.26	8.74	19.50	9.97	19.44	2.99
25.00	93.96	6.04	23.00	6.75	15.52	2.70
30.00	96.19	3.81	27.50	4.47	12.28	2.23
36.00	97.90	2.10	33.00	2.85	9.40	1.71
43.00	99.09	0.91	39.50	1.70	6.73	1.19
51.00	99.78	0.22	47.00	0.86	4.03	0.69
61.00	100.00	0.00	56.00	0.22	1.23	0.22
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.32 mym      x50 = 5.27 mym      x90 = 19.73 mym  
 x5 = 0.92 mym      x16 = 1.80 mym      x84 = 14.90 mym

Sv= 1.88 m2/cm3      Sm= 6947.41 cm2/g      c\_opt= 24.0 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

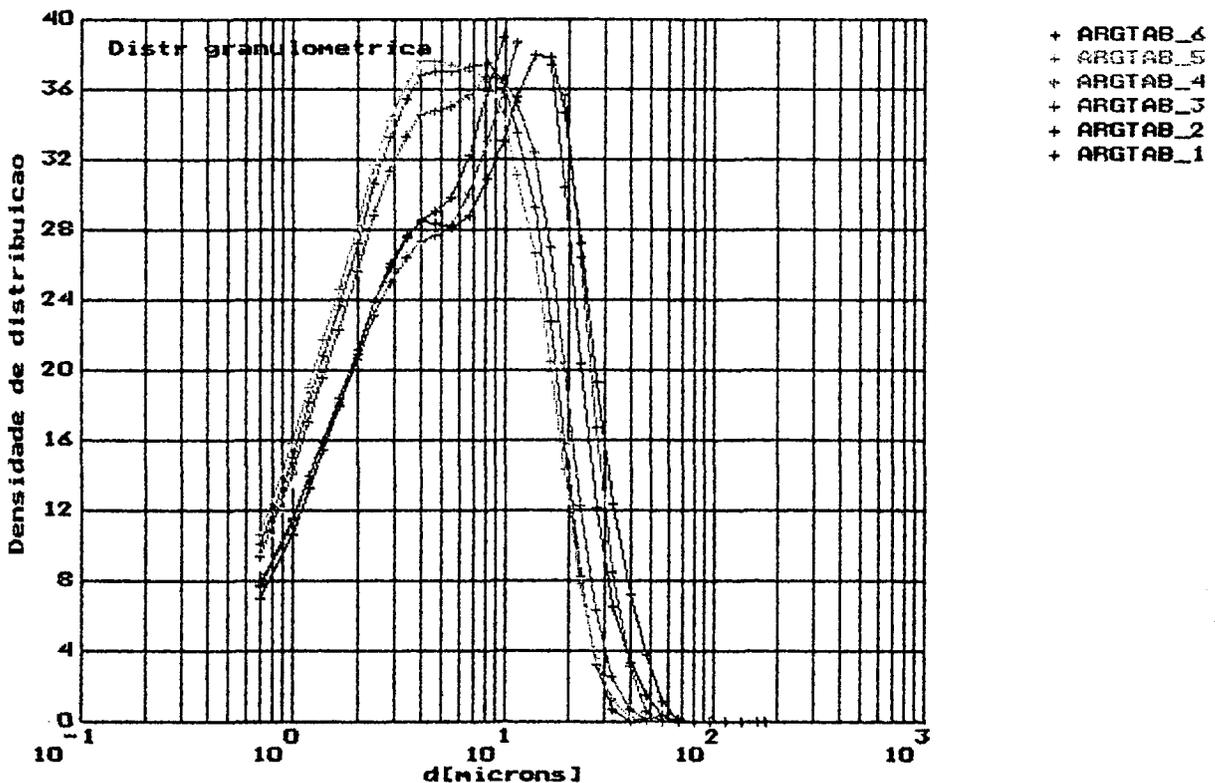
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method    Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time    120 s  
Dispersant        agua destilada                                              Pause                s  
Additive           Defloculante.                                              Stirring rate

Focal length     =    100 mm                                      Date                                      09.06.93 / 10:05  
Measuring time =    10 s                                      Filename                                C:\H\_DATA\ARGTAB\_1.HEL

Operator         = Joao Batista  
Sample name     = Argila Tabatinga                                      - density        2.70 g/cm\*\*3

Comments1        Teste com agua + Silicato de Sodio (Defloculante)  
Comments2        Argila Tabatinga moida por uma (1) hora.





SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 120 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante. Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 09.06.93 / 10:05  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGTAB\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua + Silicato de Sodio (Defloculante)  
 Comments2 Argila Tabatinga moída por uma (1) hora.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.96	96.04	0.70	99.01	6.93	3.96
1.10	6.08	93.92	1.00	105.85	10.58	2.12
1.30	8.28	91.72	1.20	110.17	13.22	2.20
1.50	10.48	89.52	1.40	110.15	15.42	2.20
1.80	13.74	86.26	1.65	108.57	17.91	3.26
2.20	17.93	82.07	2.00	104.72	20.94	4.19
2.60	21.90	78.10	2.40	99.31	23.84	3.97
3.10	26.47	73.53	2.85	91.35	26.03	4.57
3.70	31.35	68.65	3.40	81.37	27.67	4.88
4.30	35.63	64.37	4.00	71.24	28.49	4.27
5.00	39.88	60.12	4.65	60.84	28.29	4.26
6.00	44.99	55.01	5.50	51.07	28.09	5.11
7.50	51.40	48.60	6.75	42.74	28.85	6.41
9.00	57.01	42.99	8.25	37.38	30.84	5.61
10.50	62.09	37.91	9.75	33.85	33.00	5.08
12.50	68.27	31.73	11.50	30.93	35.57	6.19
15.00	75.18	24.82	13.75	27.62	37.98	6.90
18.00	82.06	17.94	16.50	22.93	37.83	6.88
21.00	87.38	12.62	19.50	17.75	34.62	5.33
25.00	92.11	7.89	23.00	11.83	27.20	4.73
30.00	95.63	4.37	27.50	7.03	19.34	3.52
36.00	97.87	2.13	33.00	3.73	12.32	2.24
43.00	99.14	0.86	39.50	1.81	7.17	1.27
51.00	99.77	0.23	47.00	0.79	3.72	0.63
61.00	99.98	0.02	56.00	0.21	1.18	0.21
73.00	100.00	0.00	67.00	0.01	0.08	0.02
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.46 mym      x50 = 7.17 mym      x90 = 23.21 mym  
 x5 = 1.00 mym      x16 = 2.02 mym      x84 = 19.09 mym  
 Sv= 1.63 m2/cm3      Sm= 6042.39 cm2/g      c\_opt= 21.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 120 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 15.06.93 / 09:36  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGTAB\_2.HEI

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Argila Tabatinga moída por duas (2) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	4.37	95.63	0.70	109.17	7.64	4.37
1.10	6.65	93.35	1.00	114.36	11.44	2.29
1.30	8.98	91.02	1.20	116.50	13.98	2.33
1.50	11.28	88.72	1.40	114.65	16.05	2.29
1.80	14.61	85.39	1.65	111.19	18.35	3.34
2.20	18.84	81.16	2.00	105.76	21.15	4.23
2.60	22.82	77.18	2.40	99.29	23.83	3.97
3.10	27.35	72.65	2.85	90.75	25.86	4.54
3.70	32.21	67.79	3.40	80.92	27.51	4.86
4.30	36.50	63.50	4.00	71.52	28.61	4.29
5.00	40.87	59.13	4.65	62.38	29.01	4.37
6.00	46.30	53.70	5.50	54.32	29.88	5.43
7.50	53.46	46.54	6.75	47.76	32.24	7.16
9.00	59.98	40.02	8.25	43.43	35.83	6.51
10.50	65.98	34.02	9.75	39.99	38.99	6.00
12.50	73.14	26.86	11.50	35.84	41.22	7.17
15.00	80.68	19.32	13.75	30.13	41.43	7.53
18.00	87.48	12.52	16.50	22.68	37.43	6.80
21.00	92.16	7.84	19.50	15.60	30.43	4.68
25.00	95.69	4.31	23.00	8.83	20.31	3.53
30.00	97.90	2.10	27.50	4.41	12.12	2.20
36.00	99.08	0.92	33.00	1.98	6.52	1.19
43.00	99.68	0.32	39.50	0.85	3.36	0.60
51.00	99.94	0.06	47.00	0.32	1.51	0.26
61.00	100.00	0.00	56.00	0.06	0.35	0.06
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.39 mym      x50 = 6.78 mym      x90 = 19.61 mym  
 x5 = 0.96 mym      x16 = 1.93 mym      x84 = 16.47 mym

Sv= 1.71 m2/cm3      Sm= 6332.88 cm2/g      c\_opt= 24.1 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method      Suspension cell (CLCELL)      Sonication time      120 s  
 Dispersant          agua destilada                              Pause                      s  
 Additive                                                                              Stirring rate

Focal length      =      100 mm                              Date                              15.06.93 / 10:30  
 Measuring time =      10 s                              Filename                              C:\H\_DATA\ARGTAB\_3.HEL

Operator            = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga                              - density      2.70 g/cm\*\*3

Comments1          Teste com agua  
 Comments2          Argila Tabatinga moida por tres (3) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.45	95.55	0.70	111.27	7.79	4.45
1.10	6.76	93.24	1.00	115.43	11.54	2.31
1.30	9.09	90.91	1.20	116.36	13.96	2.33
1.50	11.36	88.64	1.40	113.60	15.90	2.27
1.80	14.64	85.36	1.65	109.24	18.02	3.28
2.20	18.76	81.24	2.00	103.11	20.62	4.12
2.60	22.61	77.39	2.40	96.20	23.09	3.85
3.10	26.98	73.02	2.85	87.43	24.92	4.37
3.70	31.64	68.36	3.40	77.64	26.40	4.66
4.30	35.74	64.26	4.00	68.41	27.36	4.10
5.00	39.90	60.10	4.65	59.45	27.65	4.16
6.00	45.04	54.96	5.50	51.40	28.27	5.14
7.50	51.73	48.27	6.75	44.58	30.09	6.69
9.00	57.73	42.27	8.25	40.00	33.00	6.00
10.50	63.24	36.76	9.75	36.70	35.79	5.51
12.50	69.96	30.04	11.50	33.60	38.64	6.72
15.00	77.40	22.60	13.75	29.79	40.96	7.45
18.00	84.70	15.30	16.50	24.33	40.15	7.30
21.00	90.20	9.80	19.50	18.31	35.71	5.49
25.00	94.78	5.22	23.00	11.46	26.36	4.58
30.00	97.81	2.19	27.50	6.05	16.65	3.03
36.00	99.34	0.66	33.00	2.56	8.44	1.53
43.00	99.89	0.11	39.50	0.79	3.11	0.55
51.00	100.00	0.00	47.00	0.13	0.62	0.11
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10      =      1.38 mym                              x50                              =      7.11 mym                              x90                              =      20.89 mym  
 x5        =      0.95 mym                              x16                              =      1.93 mym                              x84                              =      17.71 mym  
 Sv=      1.69 m2/cm3                              Sm=      6254.45 cm2/g                              c\_opt=      19.0 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method      Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time      120 s  
 Dispersant            agua destilada                                              Pause                      s  
 Additive                                                                                              Stirring rate

Focal length      =    100 mm                      Date                      15.06.93 / 13:46  
 Measuring time =    10 s                      Filename                      C:\H\_DATA\ARGTAB\_4.HEL

Operator            = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga                      - density      2.70 g/cm\*\*3

Comments1          Teste com agua  
 Comments2          Argila Tabatinga moida por quatro (4) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	5.38	94.62	0.70	134.50	9.41	5.38
1.10	8.18	91.82	1.00	140.26	14.03	2.81
1.30	11.03	88.97	1.20	142.20	17.06	2.84
1.50	13.82	86.18	1.40	139.47	19.53	2.79
1.80	17.86	82.14	1.65	134.84	22.25	4.05
2.20	22.98	77.02	2.00	128.00	25.60	5.12
2.60	27.79	72.21	2.40	120.06	28.81	4.80
3.10	33.27	66.73	2.85	109.70	31.26	5.48
3.70	39.14	60.86	3.40	97.82	33.26	5.87
4.30	44.32	55.68	4.00	86.30	34.52	5.18
5.00	49.55	50.45	4.65	74.70	34.74	5.23
6.00	55.90	44.10	5.50	63.51	34.93	6.35
7.50	63.82	36.18	6.75	52.81	35.65	7.92
9.00	70.49	29.51	8.25	44.47	36.69	6.67
10.50	76.12	23.88	9.75	37.54	36.60	5.63
12.50	82.23	17.77	11.50	30.56	35.15	6.11
15.00	88.12	11.88	13.75	23.56	32.40	5.89
18.00	93.02	6.98	16.50	16.33	26.95	4.90
21.00	96.15	3.85	19.50	10.40	20.29	3.12
25.00	98.27	1.73	23.00	5.31	12.20	2.12
30.00	99.40	0.60	27.50	2.27	6.25	1.14
36.00	99.87	0.13	33.00	0.77	2.53	0.46
43.00	99.99	0.01	39.50	0.17	0.69	0.12
51.00	100.00	0.00	47.00	0.02	0.07	0.01
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10      =    1.23 mym                      x50            =    5.07 mym                      x90            =    16.15 mym  
 x5        =    0.87 mym                      x16            =    1.66 mym                      x84            =    13.25 mym

Sv=        1.99 m2/cm3                      Sm=            7381.69 cm2/g                      c\_opt=        22.9 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 120 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 15.06.93 / 14:33  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGTAB\_5.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Argila Tabatinga moída por cinco (5) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	6.06	93.94	0.70	151.48	10.60	6.06
1.10	9.20	90.80	1.00	157.18	15.72	3.14
1.30	12.37	87.63	1.20	158.48	19.02	3.17
1.50	15.47	84.53	1.40	154.79	21.67	3.10
1.80	19.94	80.06	1.65	149.00	24.59	4.47
2.20	25.57	74.43	2.00	140.89	28.18	5.64
2.60	30.84	69.16	2.40	131.72	31.61	5.27
3.10	36.84	63.16	2.85	119.99	34.20	6.00
3.70	43.24	56.76	3.40	106.71	36.28	6.40
4.30	48.88	51.12	4.00	93.86	37.54	5.63
5.00	54.53	45.47	4.65	80.82	37.58	5.66
6.00	61.32	38.68	5.50	67.88	37.34	6.79
7.50	69.56	30.44	6.75	54.91	37.07	8.24
9.00	76.21	23.79	8.25	44.37	36.61	6.66
10.50	81.54	18.46	9.75	35.52	34.63	5.33
12.50	86.94	13.06	11.50	27.00	31.05	5.40
15.00	91.78	8.22	13.75	19.36	26.62	4.84
18.00	95.51	4.49	16.50	12.43	20.50	3.73
21.00	97.71	2.29	19.50	7.34	14.31	2.20
25.00	99.07	0.93	23.00	3.40	7.81	1.36
30.00	99.72	0.28	27.50	1.30	3.58	0.65
36.00	99.95	0.05	33.00	0.39	1.27	0.23
43.00	100.00	0.00	39.50	0.07	0.27	0.05
51.00	100.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.15 mym      x50 = 4.44 mym      x90 = 14.08 mym  
 x5 = 0.83 mym      x16 = 1.54 mym      x84 = 11.41 mym  
 Sv= 2.16 m2/cm3      Sm= 8010.27 cm2/g      c\_opt= 22.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 120 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 15.06.93 / 15:11  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGTAB\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Argila Tabatinga moida por seis (6) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	5.73	94.27	0.70	143.14	10.02	5.73
1.10	8.71	91.29	1.00	149.19	14.92	2.98
1.30	11.73	88.27	1.20	151.16	18.14	3.02
1.50	14.70	85.30	1.40	148.21	20.75	2.96
1.80	19.00	81.00	1.65	143.27	23.64	4.30
2.20	24.44	75.56	2.00	136.05	27.21	5.44
2.60	29.54	70.46	2.40	127.68	30.64	5.11
3.10	35.38	64.62	2.85	116.77	33.28	5.84
3.70	41.64	58.36	3.40	104.22	35.44	6.25
4.30	47.16	52.84	4.00	92.00	36.80	5.52
5.00	52.73	47.27	4.65	79.56	36.99	5.57
6.00	59.45	40.55	5.50	67.29	37.01	6.73
7.50	67.73	32.27	6.75	55.17	37.24	8.28
9.00	74.55	25.45	8.25	45.46	37.51	6.82
10.50	80.14	19.86	9.75	37.28	36.35	5.59
12.50	85.97	14.03	11.50	29.13	33.50	5.83
15.00	91.30	8.70	13.75	21.32	29.31	5.33
18.00	95.44	4.56	16.50	13.80	22.77	4.14
21.00	97.86	2.14	19.50	8.08	15.76	2.42
25.00	99.29	0.71	23.00	3.57	8.22	1.43
30.00	99.88	0.12	27.50	1.18	3.24	0.59
36.00	100.00	0.00	33.00	0.20	0.67	0.12
43.00	100.00	0.00	39.50	0.00	0.00	0.00
51.00	100.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.19 mym      x50 = 4.66 mym      x90 = 14.39 mym  
 x5 = 0.85 mym      x16 = 1.59 mym      x84 = 11.82 mym  
 Sv= 2.10 m2/cm3      Sm= 7761.22 cm2/g      c\_opt= 23.0 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 150 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 16.06.93 / 14:43  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\ARGTAB\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Argila Tabatinga - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Argila Tabatinga moída por sete (7) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.42	95.58	0.70	110.55	7.74	4.42
1.10	6.79	93.21	1.00	118.29	11.83	2.37
1.30	9.25	90.75	1.20	123.22	14.79	2.46
1.50	11.72	88.28	1.40	123.27	17.26	2.47
1.80	15.36	84.64	1.65	121.54	20.05	3.65
2.20	20.05	79.95	2.00	117.21	23.44	4.69
2.60	24.50	75.50	2.40	111.09	26.66	4.44
3.10	29.60	70.40	2.85	102.05	29.08	5.10
3.70	35.04	64.96	3.40	90.70	30.84	5.44
4.30	39.79	60.21	4.00	79.17	31.67	4.75
5.00	44.50	55.50	4.65	67.33	31.31	4.71
6.00	50.13	49.87	5.50	56.21	30.92	5.62
7.50	57.13	42.87	6.75	46.68	31.51	7.00
9.00	63.20	36.80	8.25	40.48	33.40	6.07
10.50	68.64	31.36	9.75	36.29	35.39	5.44
12.50	75.18	24.82	11.50	32.66	37.56	6.53
15.00	82.26	17.74	13.75	28.35	38.98	7.09
18.00	88.96	11.04	16.50	22.32	36.82	6.70
21.00	93.73	6.27	19.50	15.90	31.00	4.77
25.00	97.32	2.68	23.00	8.99	20.67	3.60
30.00	99.30	0.70	27.50	3.96	10.89	1.98
36.00	99.94	0.06	33.00	1.05	3.48	0.63
43.00	100.00	0.00	39.50	0.09	0.36	0.06
51.00	100.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.36 mym      x50 = 5.98 mym      x90 = 18.65 mym  
 x5 = 0.95 mym      x16 = 1.85 mym      x84 = 15.78 mym  
 Sv= 1.79 m2/cm3      Sm= 6629.31 cm2/g      c\_opt= 19.3 %



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

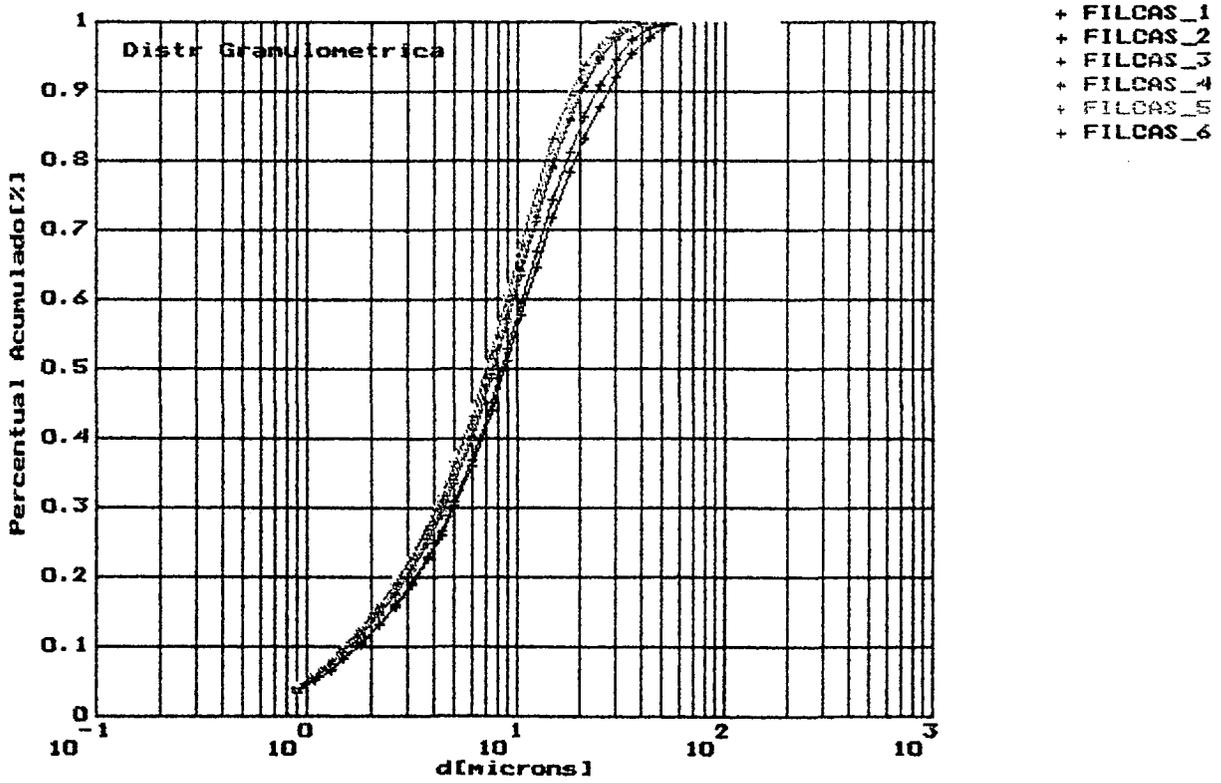
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method    Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time    20    s  
Dispersant        agua destilada                                              Pause                      s  
Additive                                                                                              Stirring rate

Focal length    =    100 mm                                      Date                                      11.05.93 / 15:04  
Measuring time =    10 s                                      Filename                                C:\H\_DATA\FILCAS\_7.HEL

Operator        = Joao Batista  
Sample name    = Filito Castrense                                      - density        2.70 g/cm\*\*3

Comments1        Teste com agua  
Comments2        Filito Castrense moido por sete (7) horas



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.05.93 / 10:20  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILCAS\_1.HEL

Operator = Jico&Coco  
 Sample name = Filito Castrense - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Castrense moido por (1) hora

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.37	96.63	0.70	84.24	5.90	3.37
1.10	5.05	94.95	1.00	84.17	8.42	1.68
1.30	6.68	93.32	1.20	81.36	9.76	1.63
1.50	8.22	91.78	1.40	77.12	10.80	1.54
1.80	10.40	89.60	1.65	72.57	11.97	2.18
2.20	13.14	86.86	2.00	68.43	13.69	2.74
2.60	15.74	84.26	2.40	65.17	15.64	2.61
3.10	18.87	81.13	2.85	62.45	17.80	3.12
3.70	22.51	77.49	3.40	60.68	20.63	3.64
4.30	26.09	73.91	4.00	59.67	23.87	3.58
5.00	30.20	69.80	4.65	58.83	27.35	4.12
6.00	35.93	64.07	5.50	57.24	31.48	5.72
7.50	43.96	56.04	6.75	53.57	36.16	8.04
9.00	51.23	48.77	8.25	48.44	39.97	7.27
10.50	57.61	42.39	9.75	42.51	41.45	6.38
12.50	64.68	35.32	11.50	35.38	40.68	7.08
15.00	71.75	28.25	13.75	28.27	38.88	7.07
18.00	78.22	21.78	16.50	21.55	35.56	6.47
21.00	83.12	16.88	19.50	16.35	31.88	4.90
25.00	87.81	12.19	23.00	11.73	26.98	4.69
30.00	91.97	8.03	27.50	8.32	22.87	4.16
36.00	95.36	4.64	33.00	5.65	18.65	3.39
43.00	97.83	2.17	39.50	3.53	13.94	2.47
51.00	99.33	0.67	47.00	1.86	8.76	1.49
61.00	99.92	0.08	56.00	0.59	3.33	0.59
73.00	100.00	0.00	67.00	0.07	0.44	0.08
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.74 mym      x50 = 8.75 mym      x90 = 27.63 mym  
 x5 = 1.09 mym      x16 = 2.64 mym      x84 = 21.75 mym

Sv= 1.37 m2/cm3      Sm= 5061.92 cm2/g      c\_opt= 22.3 %



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.05.93 / 10:54  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILCAS\_3.HEL

Operator = Jico&Coco  
 Sample name = Filito Castrense - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Castrense moido por tres (3) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.67	96.33	0.70	91.86	6.43	3.67
1.10	5.52	94.48	1.00	92.12	9.21	1.84
1.30	7.31	92.69	1.20	89.44	10.73	1.79
1.50	9.01	90.99	1.40	85.10	11.91	1.70
1.80	11.42	88.58	1.65	80.45	13.27	2.41
2.20	14.47	85.53	2.00	76.19	15.24	3.05
2.60	17.38	82.62	2.40	72.82	17.48	2.91
3.10	20.88	79.12	2.85	69.94	19.93	3.50
3.70	24.95	75.05	3.40	67.94	23.10	4.08
4.30	28.95	71.05	4.00	66.63	26.65	4.00
5.00	33.53	66.47	4.65	65.34	30.38	4.57
6.00	39.83	60.17	5.50	63.09	34.70	6.31
7.50	48.61	51.39	6.75	58.52	39.50	8.78
9.00	56.51	43.49	8.25	52.64	43.43	7.90
10.50	63.43	36.57	9.75	46.17	45.02	6.93
12.50	71.15	28.85	11.50	38.57	44.35	7.71
15.00	78.84	21.16	13.75	30.76	42.30	7.69
18.00	85.70	14.30	16.50	22.87	37.73	6.86
21.00	90.59	9.41	19.50	16.30	31.79	4.89
25.00	94.66	5.34	23.00	10.17	23.38	4.07
30.00	97.51	2.49	27.50	5.72	15.72	2.86
36.00	99.15	0.85	33.00	2.73	9.02	1.64
43.00	99.85	0.15	39.50	0.99	3.91	0.69
51.00	100.00	0.00	47.00	0.19	0.90	0.15
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.62 mym      x50 = 7.76 mym      x90 = 20.64 mym  
 x5 = 1.04 mym      x16 = 2.41 mym      x84 = 17.26 mym  
 Sv= 1.49 m2/cm3      Sm= 5504.34 cm2/g      c\_opt= 25.8 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.05.93 / 13:51  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILCAS\_4.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Castrense -- density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Castrense moido por quatro (4) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	3.74	96.26	0.70	93.60	6.55	3.74
1.10	5.62	94.38	1.00	93.85	9.39	1.88
1.30	7.44	92.56	1.20	91.11	10.93	1.82
1.50	9.18	90.82	1.40	86.67	12.13	1.73
1.80	11.63	88.37	1.65	81.89	13.51	2.46
2.20	14.73	85.27	2.00	77.49	15.50	3.10
2.60	17.69	82.31	2.40	73.98	17.75	2.96
3.10	21.24	78.76	2.85	70.94	20.22	3.55
3.70	25.37	74.63	3.40	68.79	23.39	4.13
4.30	29.41	70.59	4.00	67.34	26.94	4.04
5.00	34.02	65.98	4.65	65.91	30.65	4.61
6.00	40.37	59.63	5.50	63.51	34.93	6.35
7.50	49.19	50.81	6.75	58.76	39.66	8.81
9.00	57.09	42.91	8.25	52.70	43.48	7.91
10.50	64.00	36.00	9.75	46.06	44.91	6.91
12.50	71.66	28.34	11.50	38.30	44.05	7.66
15.00	79.27	20.73	13.75	30.42	41.83	7.61
18.00	86.03	13.97	16.50	22.54	37.19	6.76
21.00	90.83	9.17	19.50	16.02	31.24	4.81
25.00	94.81	5.19	23.00	9.94	22.86	3.98
30.00	97.60	2.40	27.50	5.57	15.31	2.78
36.00	99.19	0.81	33.00	2.66	8.78	1.60
43.00	99.86	0.14	39.50	0.95	3.76	0.67
51.00	100.00	0.00	47.00	0.18	0.83	0.14
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.60 mym      x50 = 7.65 mym      x90 = 20.48 mym  
 x5 = 1.03 mym      x16 = 2.37 mym      x84 = 17.10 mym

Sv= 1.50 m2/cm3      Sm= 5568.86 cm2/g      c\_opt= 26.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.05.93 / 14:06  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILCAS\_5.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Castrense - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Castrense moido por cinco (5) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	3.96	96.04	0.70	98.94	6.93	3.96
1.10	5.94	94.06	1.00	99.37	9.94	1.99
1.30	7.88	92.12	1.20	96.63	11.60	1.93
1.50	9.72	90.28	1.40	92.01	12.88	1.84
1.80	12.33	87.67	1.65	86.93	14.34	2.61
2.20	15.61	84.39	2.00	82.08	16.42	3.28
2.60	18.73	81.27	2.40	78.06	18.73	3.12
3.10	22.45	77.55	2.85	74.35	21.19	3.72
3.70	26.74	73.26	3.40	71.46	24.30	4.29
4.30	30.89	69.11	4.00	69.29	27.72	4.16
5.00	35.60	64.40	4.65	67.19	31.24	4.70
6.00	42.02	57.98	5.50	64.21	35.32	6.42
7.50	50.88	49.12	6.75	59.06	39.87	8.86
9.00	58.80	41.20	8.25	52.81	43.57	7.92
10.50	65.71	34.29	9.75	46.09	44.93	6.91
12.50	73.36	26.64	11.50	38.25	43.99	7.65
15.00	80.92	19.08	13.75	30.22	41.56	7.56
18.00	87.55	12.45	16.50	22.09	36.46	6.63
21.00	92.15	7.85	19.50	15.35	29.94	4.61
25.00	95.81	4.19	23.00	9.14	21.02	3.66
30.00	98.22	1.78	27.50	4.82	13.26	2.41
36.00	99.49	0.51	33.00	2.11	6.97	1.27
43.00	99.93	0.07	39.50	0.64	2.52	0.45
51.00	100.00	0.00	47.00	0.08	0.39	0.07
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.53 mym      x50 = 7.35 mym      x90 = 19.60 mym  
 x5 = 1.00 mym      x16 = 2.25 mym      x84 = 16.39 mym

Sv= 1.56 m2/cm3      Sm= 5778.88 cm2/g      c\_opt= 26.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.05.93 / 14:35  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILCAS\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Castrense - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Castrense moido por seis (6) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.07	95.93	0.70	101.67	7.12	4.07
1.10	6.11	93.89	1.00	101.98	10.20	2.04
1.30	8.09	91.91	1.20	99.03	11.88	1.98
1.50	9.97	90.03	1.40	94.20	13.19	1.88
1.80	12.64	87.36	1.65	88.94	14.68	2.67
2.20	16.00	84.00	2.00	84.00	16.80	3.36
2.60	19.20	80.80	2.40	79.96	19.19	3.20
3.10	23.01	76.99	2.85	76.33	21.75	3.82
3.70	27.43	72.57	3.40	73.59	25.02	4.42
4.30	31.73	68.27	4.00	71.61	28.64	4.30
5.00	36.60	63.40	4.65	69.67	32.39	4.88
6.00	43.28	56.72	5.50	66.73	36.70	6.67
7.50	52.48	47.52	6.75	61.37	41.43	9.21
9.00	60.69	39.31	8.25	54.72	45.14	8.21
10.50	67.81	32.19	9.75	47.46	46.27	7.12
12.50	75.59	24.41	11.50	38.89	44.73	7.78
15.00	83.10	16.90	13.75	30.04	41.31	7.51
18.00	89.45	10.55	16.50	21.18	34.95	6.35
21.00	93.67	6.33	19.50	14.07	27.43	4.22
25.00	96.82	3.18	23.00	7.87	18.11	3.15
30.00	98.76	1.24	27.50	3.88	10.68	1.94
36.00	99.70	0.30	33.00	1.56	5.15	0.94
43.00	99.98	0.02	39.50	0.40	1.57	0.28
51.00	100.00	0.00	47.00	0.03	0.12	0.02
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.50 mym      x50 = 7.10 mym      x90 = 18.39 mym  
 x5 = 0.99 mym      x16 = 2.20 mym      x84 = 15.43 mym  
 Sv= 1.60 m2/cm3      Sm= 5912.36 cm2/g      c\_opt= 28.7 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.05.93 / 15:04  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILCAS\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Castrense - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Castrense moido por sete (7) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/s
0.90	4.25	95.75	0.70	106.16	7.43	4.25
1.10	6.37	93.63	1.00	106.30	10.63	2.13
1.30	8.43	91.57	1.20	103.01	12.36	2.06
1.50	10.39	89.61	1.40	97.79	13.69	1.96
1.80	13.15	86.85	1.65	92.04	15.19	2.76
2.20	16.61	83.39	2.00	86.55	17.31	3.46
2.60	19.89	80.11	2.40	81.98	19.68	3.28
3.10	23.78	76.22	2.85	77.80	22.17	3.89
3.70	28.25	71.75	3.40	74.56	25.35	4.47
4.30	32.59	67.41	4.00	72.21	28.88	4.33
5.00	37.49	62.51	4.65	70.01	32.55	4.90
6.00	44.19	55.81	5.50	66.99	36.85	6.70
7.50	53.44	46.56	6.75	61.71	41.66	9.26
9.00	61.72	38.28	8.25	55.17	45.51	8.28
10.50	68.91	31.09	9.75	47.93	46.73	7.19
12.50	76.75	23.25	11.50	39.19	45.07	7.84
15.00	84.25	15.75	13.75	30.00	41.25	7.50
18.00	90.47	9.53	16.50	20.75	34.24	6.23
21.00	94.50	5.50	19.50	13.42	26.17	4.03
25.00	97.38	2.62	23.00	7.20	16.57	2.88
30.00	99.07	0.93	27.50	3.37	9.26	1.68
36.00	99.81	0.19	33.00	1.25	4.12	0.75
43.00	100.00	0.00	39.50	0.27	1.05	0.19
51.00	100.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.46 mym      x50 = 6.94 mym      x90 = 17.77 mym  
 x5 = 0.97 mym      x16 = 2.13 mym      x84 = 14.92 mym

Sv= 1.63 m2/cm3      Sm= 6055.46 cm2/g      c\_opt= 28.4 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

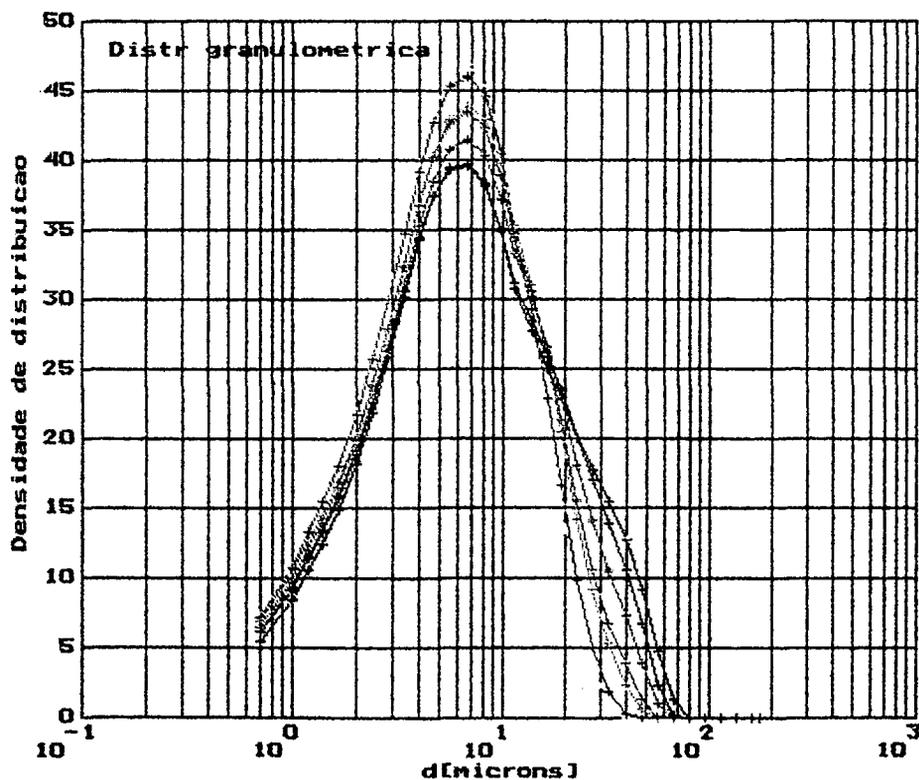
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 13.05.93 / 10:25  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILITA\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
Sample name = Filito Itapeva - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 Filito Itapeva moido por uma (1) hora



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

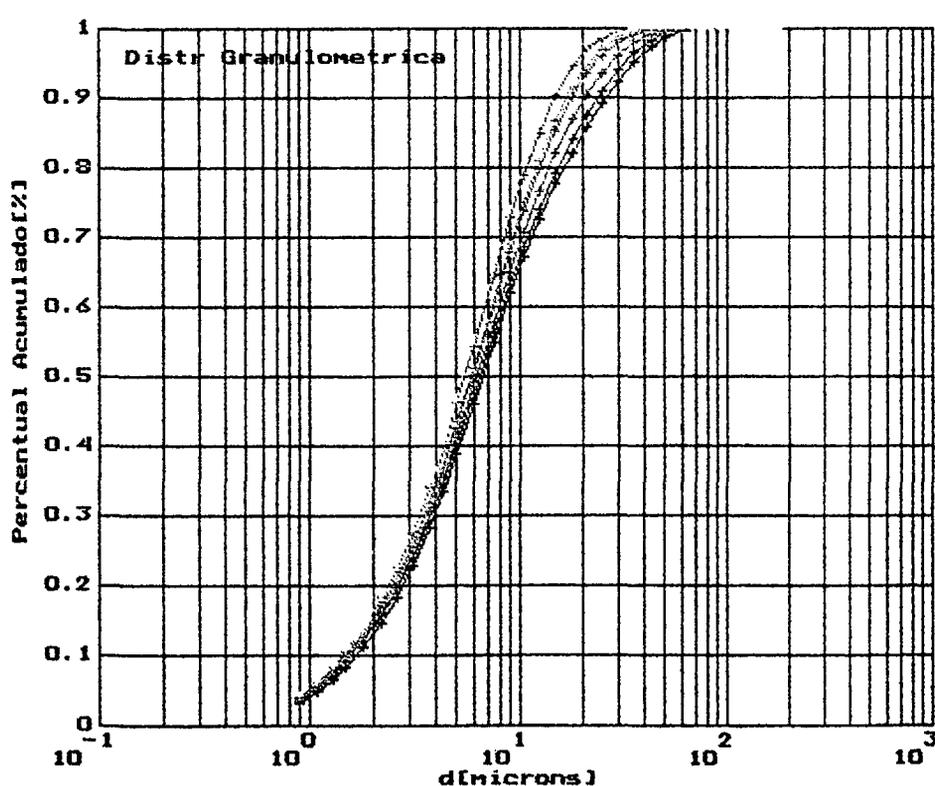
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 13.05.93 / 12:49  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILITA\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
Sample name = Filito Itapeva - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 Filito Itapeva moido por sete (7) horas



- + FILITA\_1
- + FILITA\_2
- + FILITA\_3
- + FILITA\_4
- + FILITA\_5
- + FILITA\_6







SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 13.05.93 / 11:51  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILITA\_4.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Itapeva - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Itapeva moido por quatro (4) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.67	96.33	0.70	91.70	6.42	3.67
1.10	5.61	94.39	1.00	97.06	9.71	1.94
1.30	7.61	92.39	1.20	100.14	12.02	2.00
1.50	9.61	90.39	1.40	100.01	14.00	2.00
1.80	12.61	87.39	1.65	99.80	16.47	2.99
2.20	16.58	83.42	2.00	99.41	19.88	3.98
2.60	20.53	79.47	2.40	98.78	23.71	3.95
3.10	25.41	74.59	2.85	97.50	27.79	4.88
3.70	31.12	68.88	3.40	95.16	32.35	5.71
4.30	36.62	63.38	4.00	91.70	36.68	5.50
5.00	42.66	57.34	4.65	86.26	40.11	6.04
6.00	50.40	49.60	5.50	77.44	42.59	7.74
7.50	60.04	39.96	6.75	64.24	43.36	9.64
9.00	67.72	32.28	8.25	51.21	42.24	7.68
10.50	73.70	26.30	9.75	39.88	38.88	5.98
12.50	79.69	20.31	11.50	29.97	34.46	5.99
15.00	85.26	14.74	13.75	22.27	30.63	5.57
18.00	90.00	10.00	16.50	15.80	26.07	4.74
21.00	93.29	6.71	19.50	10.95	21.36	3.29
25.00	95.97	4.03	23.00	6.71	15.44	2.69
30.00	97.90	2.10	27.50	3.84	10.57	1.92
36.00	99.11	0.89	33.00	2.03	6.70	1.22
43.00	99.79	0.21	39.50	0.96	3.79	0.67
51.00	100.00	0.00	47.00	0.27	1.26	0.21
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.54 mym      x50 = 5.95 mym      x90 = 18.00 mym  
 x5 = 1.04 mym      x16 = 2.14 mym      x84 = 14.43 mym

Sv= 1.67 m2/cm3      Sm= 6177.60 cm2/g      c\_opt= 22.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 11620 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 13.05.93 / 12:08  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILITA\_5.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Itapeva - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Itapeva moido por cinco (5) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.91	96.09	0.70	97.83	6.85	3.91
1.10	5.96	94.04	1.00	102.40	10.24	2.05
1.30	8.05	91.95	1.20	104.40	12.53	2.09
1.50	10.12	89.88	1.40	103.34	14.47	2.07
1.80	13.18	86.82	1.65	102.15	16.86	3.06
2.20	17.22	82.78	2.00	100.92	20.18	4.04
2.60	21.20	78.80	2.40	99.66	23.92	3.99
3.10	26.10	73.90	2.85	97.93	27.91	4.90
3.70	31.82	68.18	3.40	95.39	32.43	5.72
4.30	37.34	62.66	4.00	91.93	36.77	5.52
5.00	43.40	56.60	4.65	86.61	40.27	6.06
6.00	51.20	48.80	5.50	77.95	42.87	7.80
7.50	60.93	39.07	6.75	64.91	43.81	9.74
9.00	68.73	31.27	8.25	51.96	42.87	7.79
10.50	74.83	25.17	9.75	40.66	39.65	6.10
12.50	80.95	19.05	11.50	30.63	35.22	6.13
15.00	86.60	13.40	13.75	22.58	31.04	5.64
18.00	91.29	8.71	16.50	15.64	25.81	4.69
21.00	94.43	5.57	19.50	10.48	20.43	3.14
25.00	96.88	3.12	23.00	6.13	14.10	2.45
30.00	98.54	1.46	27.50	3.32	9.12	1.66
36.00	99.49	0.51	33.00	1.59	5.24	0.95
43.00	99.91	0.09	39.50	0.59	2.33	0.41
51.00	100.00	0.00	47.00	0.12	0.55	0.09
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.49 mym      x50 = 5.85 mym      x90 = 17.18 mym  
 x5 = 1.01 mym      x16 = 2.08 mym      x84 = 13.85 mym

Sv= 1.71 m2/cm3      Sm= 6333.83 cm2/g      c\_opt= 23.2 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 13.05.93 / 12:30  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILITA\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Itapeva - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Itapeva moido por seis (6) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.06	95.94	0.70	101.52	7.11	4.06
1.10	6.20	93.80	1.00	107.14	10.71	2.14
1.30	8.41	91.59	1.20	110.20	13.22	2.20
1.50	10.60	89.40	1.40	109.77	15.37	2.20
1.80	13.88	86.12	1.65	109.14	18.01	3.27
2.20	18.21	81.79	2.00	108.22	21.64	4.33
2.60	22.49	77.51	2.40	107.03	25.69	4.28
3.10	27.74	72.26	2.85	105.10	29.95	5.25
3.70	33.87	66.13	3.40	102.06	34.70	6.12
4.30	39.74	60.26	4.00	97.97	39.19	5.88
5.00	46.18	53.82	4.65	91.90	42.73	6.43
6.00	54.41	45.59	5.50	82.34	45.29	8.23
7.50	64.63	35.37	6.75	68.14	46.00	10.22
9.00	72.73	27.27	8.25	53.98	44.53	8.10
10.50	78.95	21.05	9.75	41.46	40.42	6.22
12.50	84.99	15.01	11.50	30.21	34.75	6.04
15.00	90.31	9.69	13.75	21.28	29.26	5.32
18.00	94.45	5.55	16.50	13.81	22.79	4.14
21.00	97.00	3.00	19.50	8.49	16.56	2.55
25.00	98.71	1.29	23.00	4.27	9.82	1.71
30.00	99.62	0.38	27.50	1.81	4.98	0.91
36.00	99.94	0.06	33.00	0.55	1.80	0.33
43.00	100.00	0.00	39.50	0.08	0.32	0.06
51.00	100.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.45 mym x50 = 5.46 mym x90 = 14.85 mym  
 x5 = 0.99 mym x16 = 2.00 mym x84 = 12.17 mym

Sv= 1.79 m2/cm3 Sm= 6627.18 cm2/g c\_opt= 22.6 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 13.05.93 / 12:49  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FILITA\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Filito Itapeva - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Filito Itapeva moido por sete (7) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/l/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.15	95.85	0.70	103.69	7.26	4.15
1.10	6.33	93.67	1.00	109.25	10.93	2.19
1.30	8.58	91.42	1.20	112.18	13.46	2.24
1.50	10.81	89.19	1.40	111.60	15.62	2.23
1.80	14.13	85.87	1.65	110.83	18.29	3.33
2.20	18.53	81.47	2.00	109.83	21.97	4.39
2.60	22.87	77.13	2.40	108.60	26.06	4.34
3.10	28.20	71.80	2.85	106.67	30.40	5.33
3.70	34.42	65.58	3.40	103.68	35.25	6.22
4.30	40.40	59.60	4.00	99.64	39.86	5.98
5.00	46.95	53.05	4.65	93.58	43.51	6.55
6.00	55.35	44.65	5.50	83.94	46.16	8.39
7.50	65.76	34.24	6.75	69.45	46.88	10.42
9.00	73.99	26.01	8.25	54.85	45.25	8.23
10.50	80.27	19.73	9.75	41.82	40.78	6.27
12.50	86.27	13.73	11.50	30.00	34.50	6.00
15.00	91.43	8.57	13.75	20.67	28.43	5.17
18.00	95.36	4.64	16.50	13.08	21.58	3.92
21.00	97.69	2.31	19.50	7.79	15.19	2.34
25.00	99.17	0.83	23.00	3.68	8.47	1.47
30.00	99.84	0.16	27.50	1.35	3.71	0.67
36.00	100.00	0.00	33.00	0.26	0.87	0.16
43.00	100.00	0.00	39.50	0.00	0.00	0.00
51.00	100.00	0.00	47.00	0.00	0.00	0.00
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.43 mym      x50 = 5.36 mym      x90 = 14.31 mym  
 x5 = 0.98 mym      x16 = 1.97 mym      x84 = 11.74 mym

Sv= 1.82 m2/cm3      Sm= 6724.23 cm2/g      c\_opt= 22.3 %





SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.05.93 / 10:14  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FONOLI\_1.HELI

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Fonolito moido por uma (1) hora.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	4.76	95.24	0.70	118.89	8.32	4.76
1.10	7.07	92.93	1.00	115.60	11.56	2.31
1.30	9.23	90.77	1.20	107.91	12.95	2.16
1.50	11.20	88.80	1.40	98.87	13.84	1.98
1.80	13.85	86.15	1.65	88.32	14.57	2.65
2.20	16.95	83.05	2.00	77.39	15.48	3.10
2.60	19.65	80.35	2.40	67.55	16.21	2.70
3.10	22.53	77.47	2.85	57.57	16.41	2.88
3.70	25.46	74.54	3.40	48.82	16.60	2.93
4.30	27.98	72.02	4.00	41.98	16.79	2.52
5.00	30.51	69.49	4.65	36.25	16.85	2.54
6.00	33.65	66.35	5.50	31.40	17.27	3.14
7.50	37.67	62.33	6.75	26.76	18.06	4.01
9.00	41.12	58.88	8.25	23.00	18.97	3.45
10.50	44.13	55.87	9.75	20.11	19.60	3.02
12.50	47.71	52.29	11.50	17.90	20.58	3.58
15.00	51.77	48.23	13.75	16.25	22.34	4.06
18.00	56.18	43.82	16.50	14.67	24.21	4.40
21.00	60.16	39.84	19.50	13.27	25.88	3.98
25.00	64.88	35.12	23.00	11.81	27.16	4.72
30.00	70.18	29.82	27.50	10.59	29.12	5.30
36.00	75.87	24.13	33.00	9.50	31.34	5.70
43.00	81.67	18.33	39.50	8.29	32.74	5.80
51.00	87.12	12.88	47.00	6.80	31.98	5.44
61.00	92.15	7.85	56.00	5.03	28.18	5.03
73.00	96.11	3.89	67.00	3.29	22.07	3.95
87.00	98.62	1.38	80.00	1.79	14.34	2.51
103.00	99.74	0.26	95.00	0.70	6.69	1.13
123.00	100.00	0.00	113.00	0.13	1.46	0.26
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.38 mym      x50 = 13.91 mym      x90 = 56.72 mym  
 x5 = 0.92 mym      x16 = 2.08 mym      x84 = 46.42 mym

Sv= 1.42 m2/cm3      Sm= 5253.60 cm2/g      c\_opt= 22.0 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.05.93 / 10:38  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FONOLI\_2.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Fonolito moido por duas (2) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.51	95.49	0.70	112.82	7.90	4.51
1.10	6.70	93.30	1.00	109.56	10.96	2.19
1.30	8.75	91.25	1.20	102.12	12.25	2.04
1.50	10.62	89.38	1.40	93.44	13.08	1.87
1.80	13.12	86.88	1.65	83.37	13.76	2.50
2.20	16.04	83.96	2.00	73.00	14.60	2.92
2.60	18.59	81.41	2.40	63.73	15.29	2.55
3.10	21.31	78.69	2.85	54.41	15.51	2.72
3.70	24.09	75.91	3.40	46.34	15.76	2.78
4.30	26.49	73.51	4.00	40.14	16.06	2.41
5.00	28.95	71.05	4.65	35.04	16.29	2.45
6.00	32.03	67.97	5.50	30.83	16.95	3.08
7.50	36.06	63.94	6.75	26.87	18.14	4.03
9.00	39.61	60.39	8.25	23.66	19.52	3.55
10.50	42.78	57.22	9.75	21.15	20.62	3.17
12.50	46.61	53.39	11.50	19.15	22.02	3.83
15.00	50.99	49.01	13.75	17.52	24.09	4.38
18.00	55.75	44.25	16.50	15.86	26.17	4.76
21.00	60.05	39.95	19.50	14.34	27.96	4.30
25.00	65.13	34.87	23.00	12.71	29.22	5.08
30.00	70.78	29.22	27.50	11.28	31.03	5.64
36.00	76.75	23.25	33.00	9.96	32.86	5.97
43.00	82.73	17.27	39.50	8.54	33.72	5.98
51.00	88.24	11.76	47.00	6.89	32.39	5.51
61.00	93.23	6.77	56.00	4.99	27.92	4.99
73.00	96.99	3.01	67.00	3.14	21.04	3.77
87.00	99.19	0.81	80.00	1.57	12.58	2.20
103.00	99.94	0.06	95.00	0.47	4.43	0.75
123.00	100.00	0.00	113.00	0.03	0.33	0.06
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.43 mym      x50 = 14.43 mym      x90 = 54.53 mym  
 x5 = 0.94 mym      x16 = 2.20 mym      x84 = 44.85 mym

Sv= 1.36 m2/cm3      Sm= 5054.55 cm2/g      c\_opt= 22.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) · Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.05.93 / 11:01  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FONOLLI\_3.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Fonolito moido por tres (3) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.56	95.44	0.70	113.88	7.97	4.56
1.10	6.77	93.23	1.00	110.64	11.06	2.21
1.30	8.83	91.17	1.20	103.19	12.38	2.06
1.50	10.72	89.28	1.40	94.48	13.23	1.89
1.80	13.25	86.75	1.65	84.38	13.92	2.53
2.20	16.21	83.79	2.00	73.99	14.80	2.96
2.60	18.80	81.20	2.40	64.72	15.53	2.59
3.10	21.57	78.43	2.85	55.41	15.79	2.77
3.70	24.41	75.59	3.40	47.34	16.09	2.84
4.30	26.88	73.12	4.00	41.12	16.45	2.47
5.00	29.40	70.60	4.65	35.97	16.73	2.52
6.00	32.56	67.44	5.50	31.68	17.42	3.17
7.50	36.71	63.29	6.75	27.63	18.65	4.14
9.00	40.37	59.63	8.25	24.39	20.12	3.66
10.50	43.66	56.34	9.75	21.93	21.38	3.29
12.50	47.65	52.35	11.50	20.00	23.00	4.00
15.00	52.25	47.75	13.75	18.39	25.29	4.60
18.00	57.28	42.72	16.50	16.77	27.67	5.03
21.00	61.89	38.11	19.50	15.37	29.96	4.61
25.00	67.46	32.54	23.00	13.93	32.04	5.57
30.00	73.76	26.24	27.50	12.59	34.62	6.29
36.00	80.40	19.60	33.00	11.07	36.53	6.64
43.00	86.80	13.20	39.50	9.15	36.13	6.40
51.00	92.26	7.74	47.00	6.82	32.05	5.46
61.00	96.54	3.46	56.00	4.28	23.94	4.28
73.00	99.08	0.92	67.00	2.12	14.20	2.54
87.00	99.94	0.06	80.00	0.61	4.90	0.86
103.00	100.00	0.00	95.00	0.04	0.38	0.06
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.42 mym      x50 = 13.78 mym      x90 = 47.69 mym  
 x5 = 0.94 mym      x16 = 2.17 mym      x84 = 39.93 mym

Sv= 1.39 m2/cm3      Sm= 5137.47 cm2/g      c\_opt= 22.8 %



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method      Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time      20      s  
 Dispersant            agua destilada                                                              Pause                      s  
 Additive                                                                                                                                      Stirring rate

Focal length      =      100 mm                      Date                      18.05.93 / 15:13  
 Measuring time =      10 s                      Filename                      C:\H\_DATA\FONOLI\_5.HEL

Operator      = Joao Batista  
 Sample name = Fonolito                      - density      2.70 g/cm\*\*3

Comments1      Teste com agua  
 Comments2      Fonolito moido por cinco (5) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	5.72	94.28	0.70	143.12	10.02	5.72
1.10	8.51	91.49	1.00	139.02	13.90	2.78
1.30	11.10	88.90	1.20	129.61	15.55	2.59
1.50	13.47	86.53	1.40	118.64	16.61	2.37
1.80	16.65	83.35	1.65	105.89	17.47	3.18
2.20	20.36	79.64	2.00	92.76	18.55	3.71
2.60	23.60	76.40	2.40	81.02	19.45	3.24
3.10	27.06	72.94	2.85	69.19	19.72	3.46
3.70	30.59	69.41	3.40	58.89	20.02	3.53
4.30	33.65	66.35	4.00	50.90	20.36	3.05
5.00	36.74	63.26	4.65	44.20	20.55	3.09
6.00	40.58	59.42	5.50	38.45	21.15	3.85
7.50	45.50	54.50	6.75	32.79	22.13	4.92
9.00	49.71	50.29	8.25	28.07	23.16	4.21
10.50	53.37	46.63	9.75	24.37	23.76	3.65
12.50	57.65	42.35	11.50	21.43	24.65	4.29
15.00	62.45	37.55	13.75	19.19	26.38	4.80
18.00	67.59	32.41	16.50	17.14	28.29	5.14
21.00	72.24	27.76	19.50	15.47	30.16	4.64
25.00	77.72	22.28	23.00	13.71	31.53	5.48
30.00	83.63	16.37	27.50	11.83	32.52	5.91
36.00	89.36	10.64	33.00	9.54	31.48	5.72
43.00	94.18	5.82	39.50	6.89	27.22	4.82
51.00	97.56	2.44	47.00	4.23	19.87	3.38
61.00	99.46	0.54	56.00	1.90	10.66	1.90
73.00	100.00	0.00	67.00	0.45	2.99	0.54
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10      =      1.22 mym                      x50      =      9.12 mym                      x90      =      36.94 mym  
 x5       =      0.85 mym                      x16      =      1.74 mym                      x84      =      30.39 mym

Sv=      1.68 m2/cm3                      Sm=      6238.64 cm2/g                      c\_opt=      23.2 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.05.93 / 15:58  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FONOLI\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Fonolito moido por seis (6) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	5.55	94.45	0.70	138.69	9.71	5.55
1.10	8.25	91.75	1.00	134.99	13.50	2.70
1.30	10.77	89.23	1.20	126.17	15.14	2.52
1.50	13.09	86.91	1.40	115.73	16.20	2.31
1.80	16.19	83.81	1.65	103.54	17.08	3.11
2.20	19.83	80.17	2.00	90.90	18.18	3.64
2.60	23.01	76.99	2.40	79.51	19.08	3.18
3.10	26.41	73.59	2.85	67.95	19.37	3.40
3.70	29.87	70.13	3.40	57.80	19.65	3.47
4.30	32.87	67.13	4.00	49.88	19.95	2.99
5.00	35.89	64.11	4.65	43.23	20.10	3.03
6.00	39.66	60.34	5.50	37.64	20.70	3.76
7.50	44.51	55.49	6.75	32.33	21.82	4.85
9.00	48.71	51.29	8.25	28.03	23.12	4.20
10.50	52.41	47.59	9.75	24.68	24.07	3.70
12.50	56.82	43.18	11.50	22.03	25.33	4.41
15.00	61.82	38.18	13.75	19.99	27.49	5.00
18.00	67.25	32.75	16.50	18.12	29.90	5.44
21.00	72.20	27.80	19.50	16.50	32.18	4.95
25.00	78.06	21.94	23.00	14.64	33.68	5.86
30.00	84.29	15.71	27.50	12.47	34.30	6.24
36.00	90.16	9.84	33.00	9.78	32.27	5.87
43.00	94.90	5.10	39.50	6.77	26.72	4.74
51.00	98.03	1.97	47.00	3.92	18.42	3.14
61.00	99.62	0.38	56.00	1.58	8.87	1.58
73.00	100.00	0.00	67.00	0.32	2.14	0.38
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.24 mym      x50 = 9.52 mym      x90 = 35.83 mym  
 x5 = 0.86 mym      x16 = 1.78 mym      x84 = 29.76 mym

Sv= 1.65 m2/cm3      Sm= 6115.50 cm2/g      c\_opt= 23.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.05.93 / 16:19  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\FONOLI\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Fonolito moido por sete (7) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	5.76	94.24	0.70	144.00	10.08	5.76
1.10	8.56	91.44	1.00	140.15	14.02	2.80
1.30	11.18	88.82	1.20	130.99	15.72	2.62
1.50	13.59	86.41	1.40	120.14	16.82	2.40
1.80	16.81	83.19	1.65	107.45	17.73	3.22
2.20	20.58	79.42	2.00	94.25	18.85	3.77
2.60	23.87	76.13	2.40	82.33	19.76	3.29
3.10	27.38	72.62	2.85	70.18	20.00	3.51
3.70	30.95	69.05	3.40	59.46	20.22	3.57
4.30	34.01	65.99	4.00	51.04	20.42	3.06
5.00	37.09	62.91	4.65	43.95	20.43	3.08
6.00	40.88	59.12	5.50	37.95	20.87	3.80
7.50	45.73	54.27	6.75	32.31	21.81	4.85
9.00	49.91	50.09	8.25	27.84	22.97	4.18
10.50	53.58	46.42	9.75	24.48	23.87	3.67
12.50	57.98	42.02	11.50	22.02	25.32	4.40
15.00	63.07	36.93	13.75	20.34	27.96	5.08
18.00	68.71	31.29	16.50	18.82	31.05	5.65
21.00	73.92	26.08	19.50	17.37	33.86	5.21
25.00	80.06	19.94	23.00	15.36	35.32	6.14
30.00	86.42	13.58	27.50	12.71	34.95	6.35
36.00	92.08	7.92	33.00	9.44	31.14	5.66
43.00	96.32	3.68	39.50	6.05	23.91	4.24
51.00	98.84	1.16	47.00	3.15	14.83	2.52
61.00	99.85	0.15	56.00	1.01	5.64	1.01
73.00	100.00	0.00	67.00	0.12	0.84	0.15
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.21 mym      x50 = 9.04 mym      x90 = 33.80 mym  
 x5 = 0.85 mym      x16 = 1.72 mym      x84 = 28.10 mym

Sv= 1.70 m2/cm3      Sm= 6300.79 cm2/g      c\_opt= 24.2 %



## SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

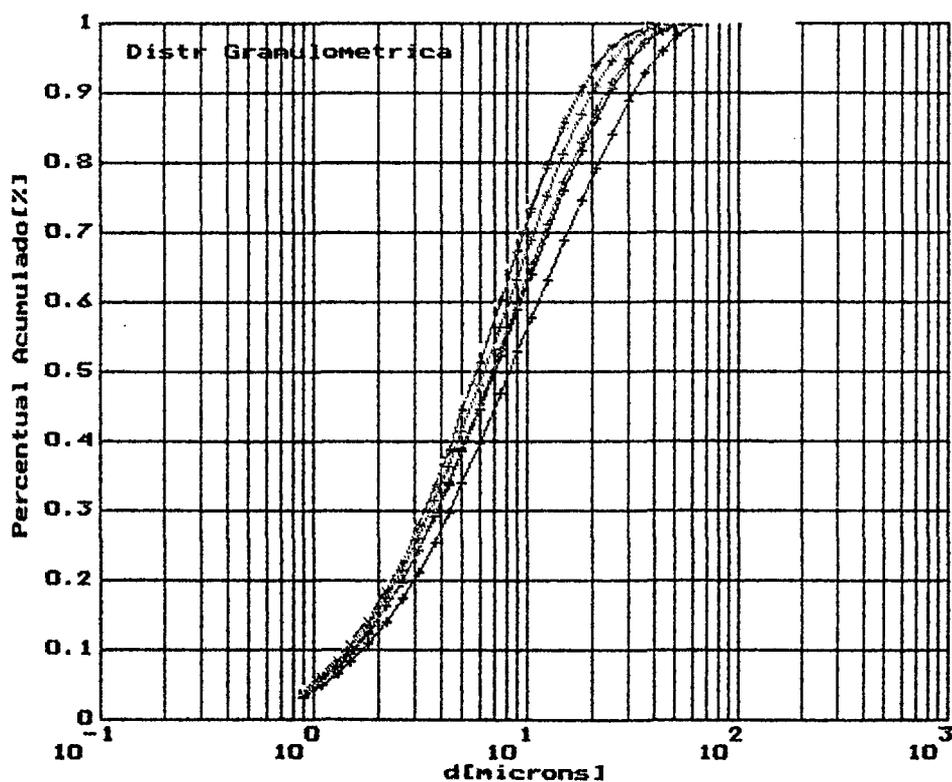
## S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method	Suspension cell (CLCELL)	Sonication time	20	s
Dispersant	agua destilada	Pause		s
Additive		Stirring rate		

Focal length =	100 mm	Date	12.05.93 / 14:50
Measuring time =	10 s	Filename	C:\H_DATA\TALCO_7.HEL

Operator =	Joao Batista		
Sample name =	Talco Copami	- density	2.70 g/cm**3

Comments1	Teste com agua
Comments2	Talco Copami moido por seis (6) horas.



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.05.93 / 09:57  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\TALCO\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Talco Copami - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Talco Copami moido por uma (1) hora

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/%
0.90	3.19	96.81	0.70	79.70	5.58	3.19
1.10	4.87	95.13	1.00	83.87	8.39	1.68
1.30	6.58	93.42	1.20	85.95	10.31	1.72
1.50	8.29	91.71	1.40	85.24	11.93	1.70
1.80	10.81	89.19	1.65	84.02	13.86	2.52
2.20	14.10	85.90	2.00	82.17	16.43	3.29
2.60	17.29	82.71	2.40	79.93	19.18	3.20
3.10	21.13	78.87	2.85	76.79	21.89	3.84
3.70	25.50	74.50	3.40	72.79	24.75	4.37
4.30	29.60	70.40	4.00	68.36	27.34	4.10
5.00	34.01	65.99	4.65	63.02	29.30	4.41
6.00	39.64	60.36	5.50	56.26	30.94	5.63
7.50	46.79	53.21	6.75	47.69	32.19	7.15
9.00	52.77	47.23	8.25	39.85	32.88	5.98
10.50	57.76	42.24	9.75	33.23	32.40	4.99
12.50	63.25	36.75	11.50	27.46	31.58	5.49
15.00	68.97	31.03	13.75	22.86	31.44	5.72
18.00	74.59	25.41	16.50	18.76	30.95	5.63
21.00	79.22	20.78	19.50	15.41	30.06	4.62
25.00	84.06	15.94	23.00	12.11	27.84	4.84
30.00	88.72	11.28	27.50	9.31	25.60	4.65
36.00	92.81	7.19	33.00	6.83	22.53	4.10
43.00	96.07	3.93	39.50	4.65	18.38	3.26
51.00	98.32	1.68	47.00	2.82	13.23	2.25
61.00	99.62	0.38	56.00	1.30	7.28	1.30
73.00	100.00	0.00	67.00	0.32	2.12	0.38
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.70 mym      x50 = 8.30 mym      x90 = 31.88 mym  
 x5 = 1.12 mym      x16 = 2.44 mym      x84 = 24.95 mym

Sv= 1.41 m2/cm3      Sm= 5209.96 cm2/g      c\_opt= 21.9 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.05.93 / 10:21  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\TALCO\_2.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Talco Copami - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Talco Copami moido por duas (2) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.66	96.34	0.70	91.58	6.41	3.66
1.10	5.59	94.41	1.00	96.32	9.63	1.93
1.30	7.56	92.44	1.20	98.65	11.84	1.97
1.50	9.52	90.48	1.40	97.76	13.69	1.96
1.80	12.40	87.60	1.65	96.22	15.88	2.89
2.20	16.16	83.84	2.00	93.87	18.77	3.75
2.50	19.80	80.20	2.40	91.01	21.84	3.64
3.10	24.15	75.85	2.85	87.02	24.80	4.35
3.70	29.07	70.93	3.40	81.92	27.85	4.91
4.30	33.64	66.36	4.00	76.32	30.53	4.58
5.00	38.52	61.48	4.65	69.66	32.39	4.88
6.00	44.67	55.33	5.50	61.45	33.80	6.15
7.50	52.38	47.62	6.75	51.45	34.73	7.72
9.00	58.78	41.22	8.25	42.67	35.20	6.40
10.50	64.11	35.89	9.75	35.50	34.62	5.33
12.50	69.98	30.02	11.50	29.34	33.74	5.87
15.00	76.02	23.98	13.75	24.18	33.25	6.05
18.00	81.81	18.19	16.50	19.28	31.80	5.78
21.00	86.33	13.67	19.50	15.08	29.40	4.52
25.00	90.66	9.34	23.00	10.84	24.93	4.34
30.00	94.36	5.64	27.50	7.39	20.31	3.69
36.00	97.13	2.87	33.00	4.63	15.27	2.78
43.00	98.91	1.09	39.50	2.54	10.05	1.78
51.00	99.78	0.22	47.00	1.08	5.07	0.86
61.00	100.00	0.00	56.00	0.22	1.25	0.22
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.55 mym      x50 = 7.04 mym      x90 = 24.39 mym  
 x5 = 1.04 mym      x16 = 2.18 mym      x84 = 19.46 mym  
 Sv= 1.57 m2/cm3      Sm= 5799.73 cm2/g      c\_opt= 22.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method      Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time      20      s  
 Dispersant              agua destilada                                                              Pause                      s  
 Additive                                                                                                                                      Stirring rate

Focal length      =      100 mm                      Date                      12.05.93 / 10:31  
 Measuring time      =      10 s                      Filename                      C:\H\_DATA\TALCO\_3.HEL

Operator      = Joao Batista  
 Sample name      = Talco Copami                      - density      2.70 g/cm\*\*3

Comments1      Teste com agua  
 Comments2      Talco Copami moido por tres (3) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.68	96.32	0.70	92.10	6.45	3.68
1.10	5.62	94.38	1.00	96.97	9.70	1.94
1.30	7.61	92.39	1.20	99.43	11.93	1.99
1.50	9.58	90.42	1.40	98.62	13.81	1.97
1.80	12.50	87.50	1.65	97.16	16.03	2.91
2.20	16.29	83.71	2.00	94.88	18.98	3.80
2.60	19.98	80.02	2.40	92.07	22.10	3.68
3.10	24.38	75.62	2.85	88.10	25.11	4.40
3.70	29.36	70.64	3.40	83.00	28.22	4.98
4.30	34.01	65.99	4.00	77.40	30.96	4.64
5.00	38.96	61.04	4.65	70.73	32.89	4.95
6.00	45.21	54.79	5.50	62.50	34.38	6.25
7.50	53.08	46.92	6.75	52.46	35.41	7.87
9.00	59.62	40.38	8.25	43.61	35.98	6.54
10.50	65.07	34.93	9.75	36.32	35.41	5.45
12.50	71.05	28.95	11.50	29.94	34.43	5.99
15.00	77.18	22.82	13.75	24.50	33.69	6.13
18.00	82.96	17.04	16.50	19.27	31.80	5.78
21.00	87.40	12.60	19.50	14.81	28.88	4.44
25.00	91.54	8.46	23.00	10.35	23.79	4.14
30.00	94.96	5.04	27.50	6.83	18.77	3.41
36.00	97.46	2.54	33.00	4.17	13.77	2.50
43.00	99.05	0.95	39.50	2.27	8.95	1.59
51.00	99.81	0.19	47.00	0.95	4.47	0.76
61.00	100.00	0.00	56.00	0.19	1.09	0.19
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10      =      1.54 mym                      x50      =      6.91 mym                      x90      =      23.51 mym  
 x5       =      1.04 mym                      x16      =      2.17 mym                      x84      =      18.70 mym

Sv=      1.58 m2/cm3                      Sm=      5853.54 cm2/g                      c\_opt=      24.4 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.05.93 / 10:50  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\TALCO\_4.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Talco Copami - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Talco Copami moido por quatro (4) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.96	96.04	0.70	99.00	6.93	3.96
1.10	6.04	93.96	1.00	104.07	10.41	2.08
1.30	8.17	91.83	1.20	106.53	12.78	2.13
1.50	10.28	89.72	1.40	105.52	14.77	2.11
1.80	13.40	86.60	1.65	103.79	17.13	3.11
2.20	17.44	82.56	2.00	101.16	20.23	4.05
2.60	21.36	78.64	2.40	97.98	23.52	3.92
3.10	26.04	73.96	2.85	93.57	26.67	4.68
3.70	31.32	68.68	3.40	88.01	29.92	5.28
4.30	36.24	63.76	4.00	81.95	32.78	4.92
5.00	41.47	58.53	4.65	74.80	34.78	5.24
6.00	48.08	51.92	5.50	66.05	36.33	6.60
7.50	56.38	43.62	6.75	55.35	37.36	8.30
9.00	63.25	36.75	8.25	45.82	37.80	6.87
10.50	68.94	31.06	9.75	37.89	36.95	5.68
12.50	75.10	24.90	11.50	30.79	35.41	6.16
15.00	81.24	18.76	13.75	24.57	33.78	6.14
18.00	86.80	13.20	16.50	18.56	30.62	5.57
21.00	90.88	9.12	19.50	13.60	26.51	4.08
25.00	94.44	5.56	23.00	8.89	20.45	3.56
30.00	97.12	2.88	27.50	5.35	14.72	2.68
36.00	98.82	1.18	33.00	2.84	9.39	1.71
43.00	99.71	0.29	39.50	1.27	5.01	0.89
51.00	99.99	0.01	47.00	0.34	1.62	0.28
61.00	100.00	0.00	56.00	0.01	0.06	0.01
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.47 mym x50 = 6.35 mym x90 = 20.35 mym  
 x5 = 1.00 mym x16 = 2.06 mym x84 = 16.49 mym

Sv= 1.67 m2/cm3 Sm= 6182.79 cm2/g c\_opt= 24.9 %



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate  
 Focal length = 100 mm Date 12.05.93 / 14:33  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\TALCO\_6.HEL  
 Operator = Joao Batista  
 Sample name = Talco Copami - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Talco Copami moido por seis (6) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.29	95.71	0.70	107.14	7.50	4.29
1.10	6.53	93.47	1.00	112.39	11.24	2.25
1.30	8.83	91.17	1.20	114.77	13.77	2.30
1.50	11.10	88.90	1.40	113.48	15.89	2.27
1.80	14.44	85.56	1.65	111.40	18.38	3.34
2.20	18.78	81.22	2.00	108.38	21.68	4.34
2.60	22.97	77.03	2.40	104.83	25.16	4.19
3.10	27.97	72.03	2.85	99.99	28.50	5.00
3.70	33.61	66.39	3.40	93.97	31.95	5.64
4.30	38.86	61.14	4.00	87.48	34.99	5.25
5.00	44.44	55.56	4.65	79.83	37.12	5.59
6.00	51.49	48.51	5.50	70.43	38.74	7.04
7.50	60.31	39.69	6.75	58.81	39.69	8.82
9.00	67.55	32.45	8.25	48.30	39.85	7.25
10.50	73.46	26.54	9.75	39.37	38.38	5.90
12.50	79.68	20.32	11.50	31.13	35.80	6.23
15.00	85.64	14.36	13.75	23.84	32.78	5.96
18.00	90.73	9.27	16.50	16.97	28.00	5.09
21.00	94.19	5.81	19.50	11.53	22.49	3.46
25.00	96.88	3.12	23.00	6.72	15.46	2.69
30.00	98.63	1.37	27.50	3.50	9.62	1.75
36.00	99.55	0.45	33.00	1.54	5.08	0.92
43.00	99.92	0.08	39.50	0.52	2.06	0.37
51.00	100.00	0.00	47.00	0.10	0.47	0.08
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.40 mym      x50 = 5.79 mym      x90 = 17.57 mym  
 x5 = 0.96 mym      x16 = 1.94 mym      x84 = 14.31 mym  
 Sv= 1.77 m2/cm3      Sm= 6560.44 cm2/g      c\_opt= 23.1 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.05.93 / 14:50  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\TALCO\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Talco Copami - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Talco Copami moido por seis (6) horas.

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.41	95.59	0.70	110.31	7.72	4.41
1.10	6.73	93.27	1.00	116.05	11.60	2.32
1.30	9.11	90.89	1.20	118.87	14.26	2.38
1.50	11.47	88.53	1.40	117.79	16.49	2.36
1.80	14.94	85.06	1.65	115.88	19.12	3.48
2.20	19.46	80.54	2.00	112.90	22.58	4.52
2.60	23.83	76.17	2.40	109.28	26.23	4.37
3.10	29.04	70.96	2.85	104.21	29.70	5.21
3.70	34.91	65.09	3.40	97.80	33.25	5.87
4.30	40.36	59.64	4.00	90.83	36.33	5.45
5.00	46.14	53.86	4.65	82.59	38.41	5.78
6.00	53.39	46.61	5.50	72.48	39.87	7.25
7.50	62.39	37.61	6.75	59.99	40.49	9.00
9.00	69.69	30.31	8.25	48.66	40.15	7.30
10.50	75.54	24.46	9.75	39.01	38.03	5.85
12.50	81.58	18.42	11.50	30.22	34.76	6.04
15.00	87.28	12.72	13.75	22.78	31.32	5.69
18.00	92.07	7.93	16.50	15.99	26.38	4.80
21.00	95.27	4.73	19.50	10.65	20.78	3.20
25.00	97.65	2.35	23.00	5.94	13.66	2.38
30.00	99.10	0.90	27.50	2.90	7.97	1.45
36.00	99.79	0.21	33.00	1.16	3.83	0.70
43.00	99.99	0.01	39.50	0.29	1.13	0.20
51.00	100.00	0.00	47.00	0.01	0.06	0.01
61.00	100.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.38 mym      x50 = 5.53 mym      x90 = 16.70 mym  
 x5 = 0.95 mym      x16 = 1.89 mym      x84 = 13.56 mym

Sv= 1.82 m2/cm3      Sm= 6743.75 cm2/g      c\_opt= 23.8 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

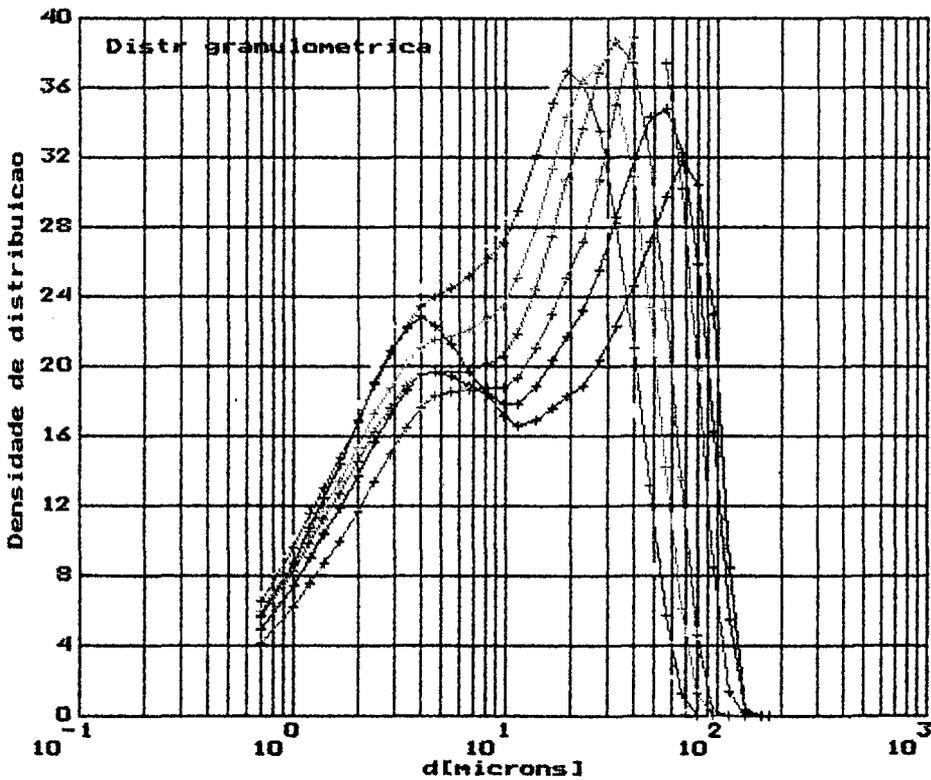
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.05.93 / 15:31  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\QUARTZ\_1.HEL

Operator = Jico&Coco  
Sample name = fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 Quartzito moido por uma (1) hora



- + QUARTZ\_6
- + QUARTZ\_5
- + QUARTZ\_4
- + QUARTZ\_3
- + QUARTZ\_2
- + QUARTZ\_1

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

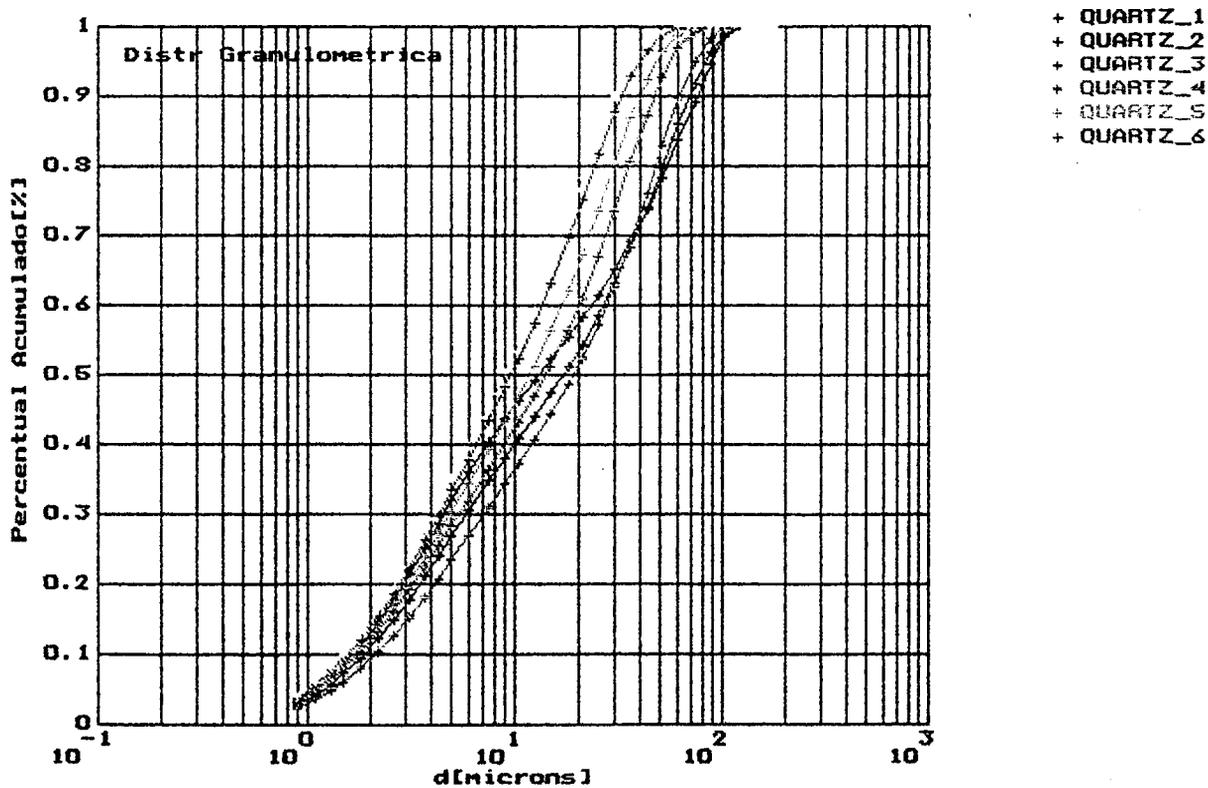
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method    Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time    20    s  
Dispersant        agua destilada                                              Pause                s  
Additive                                                                                              Stirring rate

Focal length     =    100 mm                                              Date                                              10.05.93 / 16:52  
Measuring time   =    10 s                                              Filename                                        C:\H\_DATA\QUARTZ\_7.HEL

Operator         = Jico&Coco  
Sample name     = Quartzito                                              - density        2.70 g/cm\*\*3

Comments1       Teste com agua  
Comments2       Quartzito moido por sete (7) horas





SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.05.93 / 15:10  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\QUARTZ\_2.HEL

Operator = Jico&Coco  
 Sample name = fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Quartzito moido por duas (2) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/%
0.90	2.83	97.17	0.70	70.80	4.96	2.83
1.10	4.31	95.69	1.00	73.99	7.40	1.48
1.30	5.82	94.18	1.20	75.21	9.03	1.50
1.50	7.30	92.70	1.40	73.98	10.36	1.48
1.80	9.45	90.55	1.65	71.91	11.87	2.16
2.20	12.21	87.79	2.00	68.85	13.77	2.75
2.60	14.82	85.18	2.40	65.25	15.66	2.61
3.10	17.84	82.16	2.85	60.42	17.22	3.02
3.70	21.12	78.88	3.40	54.64	18.58	3.28
4.30	24.04	75.96	4.00	48.72	19.49	2.92
5.00	27.00	73.00	4.65	42.28	19.66	2.96
6.00	30.53	69.47	5.50	35.33	19.43	3.53
7.50	34.73	65.27	6.75	28.01	18.91	4.20
9.00	38.09	61.91	8.25	22.34	18.43	3.35
10.50	40.83	59.17	9.75	18.31	17.85	2.75
12.50	43.94	56.06	11.50	15.53	17.86	3.11
15.00	47.37	52.63	13.75	13.75	18.90	3.44
18.00	51.06	48.94	16.50	12.30	20.29	3.69
21.00	54.41	45.59	19.50	11.15	21.75	3.35
25.00	58.44	41.56	23.00	10.07	23.17	4.03
30.00	63.08	36.92	27.50	9.28	25.51	4.64
36.00	68.27	31.73	33.00	8.66	28.58	5.20
43.00	73.91	26.09	39.50	8.06	31.83	5.64
51.00	79.75	20.25	47.00	7.30	34.30	5.84
61.00	85.95	14.05	56.00	6.20	34.72	6.20
73.00	91.72	8.28	67.00	4.80	32.19	5.77
87.00	96.23	3.77	80.00	3.22	25.79	4.51
103.00	98.96	1.04	95.00	1.71	16.23	2.73
123.00	99.93	0.07	113.00	0.49	5.48	0.97
147.00	100.00	0.00	135.00	0.03	0.37	0.07
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.88 mym      x50 = 17.14 mym      x90 = 69.42 mym  
 x5 = 1.19 mym      x16 = 2.80 mym      x84 = 57.85 mym

Sv= 1.14 m2/cm3      Sm= 4205.95 cm2/g      c\_opt= 18.7 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.05.93 / 15:50  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\QUARTZ\_3.HEL

Operator = Jico&Coco  
 Sample name = fonolito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Quartzito moido por tres (3) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q31g	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	2.37	97.63	0.70	59.31	4.15	2.37
1.10	3.61	96.39	1.00	62.00	6.20	1.24
1.30	4.87	95.13	1.20	63.06	7.57	1.26
1.50	6.12	93.88	1.40	62.11	8.70	1.24
1.80	7.93	92.07	1.65	60.60	10.00	1.82
2.20	10.27	89.73	2.00	58.44	11.69	2.34
2.60	12.51	87.49	2.40	55.92	13.42	2.24
3.10	15.13	84.87	2.85	52.54	14.97	2.63
3.70	18.04	81.96	3.40	48.43	16.47	2.91
4.30	20.69	79.31	4.00	44.12	17.65	2.65
5.00	23.44	76.56	4.65	39.26	18.25	2.75
6.00	26.81	73.19	5.50	33.71	18.54	3.37
7.50	30.94	69.06	6.75	27.55	18.60	4.13
9.00	34.34	65.66	8.25	22.67	18.70	3.40
10.50	37.22	62.78	9.75	19.18	18.70	2.88
12.50	40.58	59.42	11.50	16.83	19.35	3.37
15.00	44.40	55.60	13.75	15.28	21.02	3.82
18.00	48.58	51.42	16.50	13.93	22.98	4.18
21.00	52.43	47.57	19.50	12.81	24.97	3.84
25.00	57.14	42.86	23.00	11.79	27.12	4.72
30.00	62.71	37.29	27.50	11.13	30.60	5.56
36.00	69.07	30.93	33.00	10.60	34.98	6.36
43.00	75.95	24.05	39.50	9.84	38.85	6.89
51.00	82.80	17.20	47.00	8.56	40.23	6.85
61.00	89.46	10.54	56.00	6.66	37.32	6.66
73.00	94.87	5.13	67.00	4.51	30.19	5.41
87.00	98.33	1.67	80.00	2.47	19.77	3.46
103.00	99.76	0.24	95.00	0.89	8.47	1.43
123.00	100.00	0.00	113.00	0.12	1.37	0.24
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 2.15 mym      x50 = 19.11 mym      x90 = 62.19 mym  
 x5 = 1.32 mym      x16 = 3.28 mym      x84 = 52.80 mym

Sv= 1.02 m2/cm3      Sm= 3762.84 cm2/g      c\_opt= 23.3 %



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 20 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.05.93 / 16:20  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\QUARTZ\_5.HEL

Operator = Jico&Coco  
 Sample name = Quartzito - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 Quartzito moido por cinco (5) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/l/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.41	96.59	0.70	85.27	5.97	3.41
1.10	5.17	94.83	1.00	87.71	8.77	1.75
1.30	6.92	93.08	1.20	87.61	10.51	1.75
1.50	8.62	91.38	1.40	85.00	11.90	1.70
1.80	11.06	88.94	1.65	81.37	13.43	2.44
2.20	14.13	85.87	2.00	76.76	15.35	3.07
2.60	17.00	83.00	2.40	71.84	17.24	2.87
3.10	20.29	79.71	2.85	65.79	18.75	3.29
3.70	23.84	76.16	3.40	59.11	20.10	3.55
4.30	27.00	73.00	4.00	52.70	21.08	3.16
5.00	30.23	69.77	4.65	46.10	21.44	3.23
6.00	34.17	65.83	5.50	39.39	21.67	3.94
7.50	39.06	60.94	6.75	32.63	22.03	4.90
9.00	43.19	56.81	8.25	27.55	22.73	4.13
10.50	46.80	53.20	9.75	24.03	23.43	3.60
12.50	51.15	48.85	11.50	21.73	24.99	4.35
15.00	56.22	43.78	13.75	20.29	27.90	5.07
18.00	61.91	38.09	16.50	18.95	31.27	5.69
21.00	67.19	32.81	19.50	17.60	34.33	5.28
25.00	73.50	26.50	23.00	15.78	36.30	6.31
30.00	80.27	19.73	27.50	13.54	37.24	6.77
36.00	86.75	13.25	33.00	10.80	35.65	6.48
43.00	92.21	7.79	39.50	7.80	30.81	5.46
51.00	96.18	3.82	47.00	4.95	23.28	3.96
61.00	98.71	1.29	56.00	2.53	14.17	2.53
73.00	99.79	0.21	67.00	0.90	6.03	1.08
87.00	100.00	0.00	80.00	0.15	1.22	0.21
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.67 mym      x50 = 11.97 mym      x90 = 40.16 mym  
 x5 = 1.08 mym      x16 = 2.46 mym      x84 = 33.45 mym

Sv= 1.31 m2/cm3      Sm= 4860.72 cm2/g      c\_opt= 22.6 %



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method      Suspension cell (CLCELL)      Sonication time      20      s  
 Dispersant          agua destilada                              Pause                      s  
 Additive                                                              Stirring rate

Focal length      =      100 mm                              Date                              10.05.93 / 16:52  
 Measuring time =      10 s                              Filename                              C:\H\_DATA\QUARTZ\_7.HEL

Operator          = Jico&Coco  
 Sample name = Quartzito                              - density      2.70 g/cm\*\*3

Comments1          Teste com agua  
 Comments2          Quartzito moido por sete (7) horas

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.92	96.08	0.70	97.93	6.86	3.92
1.10	5.94	94.06	1.00	100.98	10.10	2.02
1.30	7.96	92.04	1.20	101.13	12.14	2.02
1.50	9.93	90.07	1.40	98.32	13.76	1.97
1.80	12.75	87.25	1.65	94.30	15.56	2.83
2.20	16.32	83.68	2.00	89.08	17.82	3.56
2.60	19.65	80.35	2.40	83.42	20.02	3.34
3.10	23.47	76.53	2.85	76.40	21.77	3.82
3.70	27.59	72.41	3.40	68.61	23.33	4.12
4.30	31.26	68.74	4.00	61.11	24.45	3.67
5.00	35.00	65.00	4.65	53.47	24.86	3.74
6.00	39.58	60.42	5.50	45.82	25.20	4.58
7.50	45.33	54.67	6.75	38.31	25.86	5.75
9.00	50.24	49.76	8.25	32.75	27.02	4.91
10.50	54.58	45.42	9.75	28.91	28.19	4.34
12.50	59.83	40.17	11.50	26.27	30.21	5.25
15.00	65.89	34.11	13.75	24.24	33.33	6.06
18.00	72.44	27.56	16.50	21.83	36.03	6.55
21.00	78.16	21.84	19.50	19.07	37.18	5.72
25.00	84.29	15.71	23.00	15.33	35.25	6.13
30.00	89.98	10.02	27.50	11.37	31.26	5.68
36.00	94.53	5.47	33.00	7.58	25.03	4.55
43.00	97.63	2.37	39.50	4.44	17.53	3.11
51.00	99.34	0.66	47.00	2.13	10.03	1.71
61.00	99.94	0.06	56.00	0.60	3.36	0.60
73.00	100.00	0.00	67.00	0.05	0.33	0.06
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10      =      1.51 mym                              x50      =      8.93 mym                              x90      =      30.03 mym  
 x5       =      1.01 mym                              x16      =      2.16 mym                              x84      =      24.81 mym  
 Sv=      1.49 m2/cm3                              Sm=      5536.69 cm2/g                              c\_opt=      21.9 %

## ANEXO II

Resultados das Análises Granulométricas para cada Grupo de Matérias Primas, pela sequência:

- Curvas de Distribuição de Frequência
- Curvas de Distribuição Acumulativa
- Tabelas com os Resultados das Análises

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

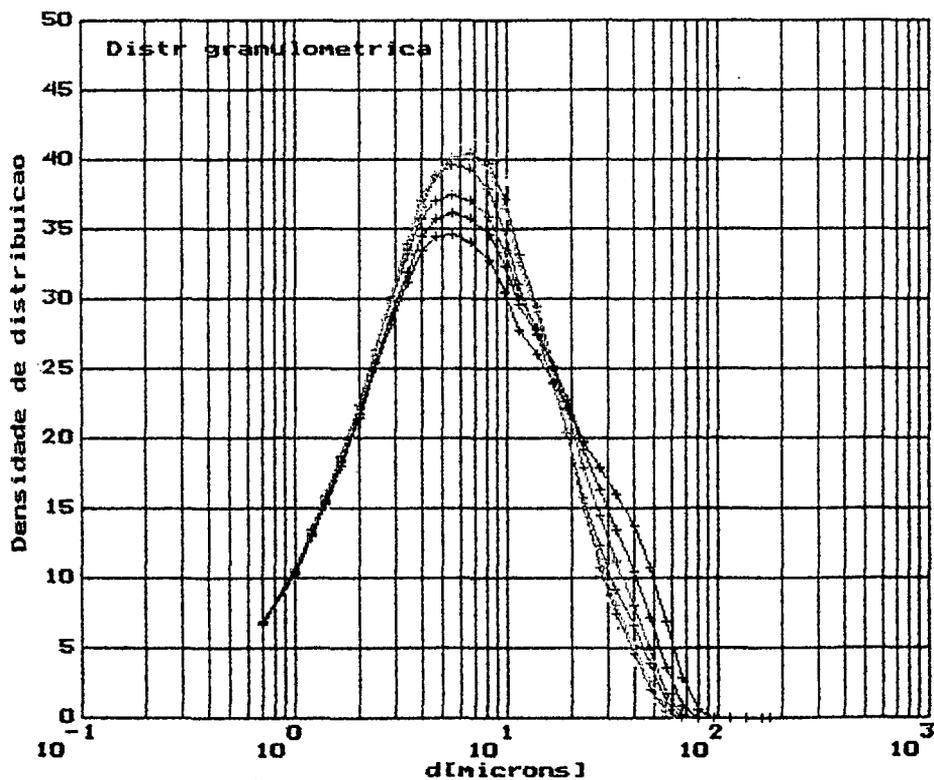
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.08.93 / 15:00  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_1.HELI

Operator = Joao Batista  
Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra



- + PLASTI\_6
- + PLASTI\_5
- + PLASTI\_4
- + PLASTI\_3
- + PLASTI\_2
- + PLASTI\_1

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

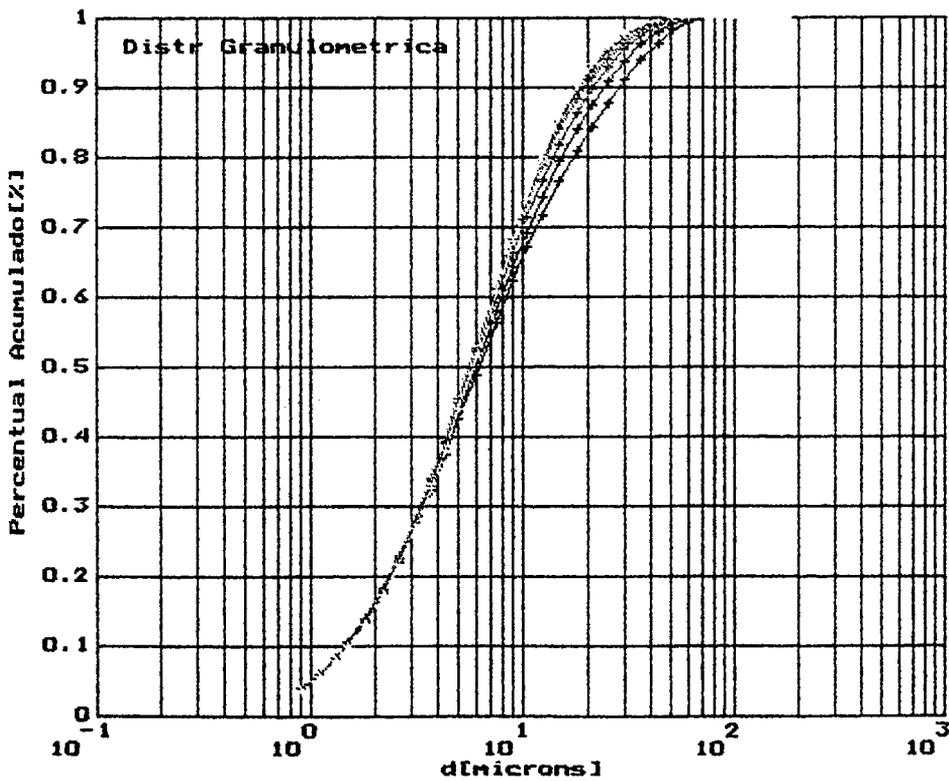
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.08.93 / 15:14  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra



- + PLASTI\_1
- + PLASTI\_2
- + PLASTI\_3
- + PLASTI\_4
- + PLASTI\_5
- + PLASTI\_6

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.08.93 / 15:00  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.82	96.18	0.70	95.57	6.69	3.82
1.10	5.88	94.12	1.00	102.89	10.29	2.06
1.30	8.04	91.96	1.20	107.95	12.95	2.16
1.50	10.22	89.78	1.40	108.79	15.23	2.18
1.80	13.48	86.52	1.65	108.68	17.93	3.26
2.20	17.75	82.25	2.00	106.96	21.39	4.28
2.60	21.91	78.09	2.40	103.93	24.94	4.16
3.10	26.85	73.15	2.85	98.83	28.17	4.94
3.70	32.35	67.65	3.40	91.64	31.16	5.50
4.30	37.36	62.64	4.00	83.53	33.41	5.01
5.00	42.54	57.46	4.65	74.02	34.42	5.18
6.00	48.84	51.16	5.50	62.95	34.62	6.29
7.50	56.39	43.61	6.75	50.33	33.98	7.55
9.00	62.34	37.66	8.25	39.70	32.75	5.96
10.50	67.03	32.97	9.75	31.21	30.43	4.68
12.50	71.86	28.14	11.50	24.16	27.78	4.83
15.00	76.57	23.43	13.75	18.86	25.93	4.71
18.00	80.93	19.07	16.50	14.53	23.98	4.36
21.00	84.34	15.66	19.50	11.36	22.15	3.41
25.00	87.77	12.23	23.00	8.57	19.70	3.43
30.00	91.02	8.98	27.50	6.50	17.87	3.25
36.00	93.93	6.07	33.00	4.86	16.03	2.91
43.00	96.36	3.64	39.50	3.48	13.73	2.43
51.00	98.18	1.82	47.00	2.27	10.69	1.82
61.00	99.40	0.60	56.00	1.21	6.80	1.21
73.00	99.91	0.09	67.00	0.43	2.87	0.51
87.00	100.00	0.00	80.00	0.06	0.51	0.09
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.48 mym      x50 = 6.23 mym      x90 = 28.44 mym  
 x5 = 1.01 mym      x16 = 2.04 mym      x84 = 20.70 mym  
 Sv= 1.66 m2/cm3      Sm= 6131.35 cm2/g      c\_opt= 25.4 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.08.93 / 15:50  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_2.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.90	96.10	0.70	97.58	6.83	3.90
1.10	6.00	94.00	1.00	104.87	10.49	2.10
1.30	8.20	91.80	1.20	109.83	13.18	2.20
1.50	10.41	89.59	1.40	110.57	15.48	2.21
1.80	13.72	86.28	1.65	110.40	18.22	3.31
2.20	18.07	81.93	2.00	108.70	21.74	4.35
2.60	22.30	77.70	2.40	105.77	25.39	4.23
3.10	27.34	72.66	2.85	100.85	28.74	5.04
3.70	32.98	67.02	3.40	93.90	31.93	5.63
4.30	38.14	61.86	4.00	86.02	34.41	5.16
5.00	43.51	56.49	4.65	76.69	35.66	5.37
6.00	50.07	49.93	5.50	65.66	36.11	6.57
7.50	58.00	42.00	6.75	52.87	35.69	7.93
9.00	64.29	35.71	8.25	41.93	34.59	6.29
10.50	69.26	30.74	9.75	33.10	32.27	4.96
12.50	74.39	25.61	11.50	25.67	29.53	5.13
15.00	79.39	20.61	13.75	20.00	27.50	5.00
18.00	83.96	16.04	16.50	15.23	25.13	4.57
21.00	87.45	12.55	19.50	11.62	22.65	3.49
25.00	90.78	9.22	23.00	8.34	19.19	3.34
30.00	93.74	6.26	27.50	5.91	16.25	2.95
36.00	96.17	3.83	33.00	4.05	13.37	2.43
43.00	98.01	1.99	39.50	2.63	10.38	1.84
51.00	99.22	0.78	47.00	1.52	7.12	1.21
61.00	99.85	0.15	56.00	0.63	3.50	0.63
73.00	100.00	0.00	67.00	0.13	0.86	0.15
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.46 mym      x50 = 5.99 mym      x90 = 24.06 mym  
 x5 = 1.00 mym      x16 = 2.01 mym      x84 = 18.03 mym  
 Sv= 1.69 m2/cm3      Sm= 6270.44 cm2/g      c\_opt= 24.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 11.08.93 / 16:53  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_3.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/l/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.92	96.08	0.70	97.88	6.85	3.92
1.10	6.03	93.97	1.00	105.90	10.59	2.12
1.30	8.27	91.73	1.20	111.68	13.40	2.23
1.50	10.53	89.47	1.40	112.98	15.82	2.26
1.80	13.93	86.07	1.65	113.35	18.70	3.40
2.20	18.41	81.59	2.00	112.05	22.41	4.48
2.60	22.78	77.22	2.40	109.33	26.24	4.37
3.10	28.00	72.00	2.85	104.44	29.76	5.22
3.70	33.84	66.16	3.40	97.31	33.09	5.84
4.30	39.19	60.81	4.00	89.14	35.66	5.35
5.00	44.75	55.25	4.65	79.44	36.94	5.56
6.00	51.55	48.45	5.50	68.00	37.40	6.80
7.50	59.77	40.23	6.75	54.78	36.97	8.22
9.00	66.28	33.72	8.25	43.44	35.84	6.52
10.50	71.41	28.59	9.75	34.20	33.34	5.13
12.50	76.68	23.32	11.50	26.32	30.27	5.26
15.00	81.74	18.26	13.75	20.25	27.84	5.06
18.00	86.28	13.72	16.50	15.13	24.97	4.54
21.00	89.66	10.34	19.50	11.26	21.96	3.38
25.00	92.77	7.23	23.00	7.77	17.88	3.11
30.00	95.38	4.62	27.50	5.23	14.39	2.62
36.00	97.41	2.59	33.00	3.37	11.13	2.02
43.00	98.83	1.17	39.50	2.03	8.02	1.42
51.00	99.67	0.33	47.00	1.05	4.93	0.84
61.00	99.97	0.03	56.00	0.31	1.72	0.31
73.00	100.00	0.00	67.00	0.02	0.14	0.03
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.45 mym      x50 = 5.77 mym      x90 = 21.44 mym  
 x5 = 1.00 mym      x16 = 1.99 mym      x84 = 16.49 mym  
 Sv= 1.73 m2/cm3      Sm= 6397.31 cm2/g      c\_opt= 23.8 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.08.93 / 10:20  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_4.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xc/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.87	96.13	0.70	96.87	6.78	3.87
1.10	5.97	94.03	1.00	104.80	10.48	2.10
1.30	8.18	91.82	1.20	110.53	13.26	2.21
1.50	10.42	89.58	1.40	111.90	15.67	2.24
1.80	13.80	86.20	1.65	112.54	18.57	3.38
2.20	18.27	81.73	2.00	111.77	22.35	4.47
2.60	22.66	77.34	2.40	109.74	26.34	4.39
3.10	27.94	72.06	2.85	105.77	30.15	5.29
3.70	33.92	66.08	3.40	99.67	33.89	5.98
4.30	39.47	60.53	4.00	92.36	36.95	5.54
5.00	45.30	54.70	4.65	83.29	38.73	5.83
6.00	52.49	47.51	5.50	71.97	39.58	7.20
7.50	61.22	38.78	6.75	58.16	39.26	8.72
9.00	68.10	31.90	8.25	45.91	37.87	6.89
10.50	73.46	26.54	9.75	35.73	34.83	5.36
12.50	78.85	21.15	11.50	26.93	30.97	5.39
15.00	83.88	16.12	13.75	20.11	27.65	5.03
18.00	88.22	11.78	16.50	14.48	23.89	4.34
21.00	91.33	8.67	19.50	10.37	20.23	3.11
25.00	94.08	5.92	23.00	6.86	15.78	2.74
30.00	96.30	3.70	27.50	4.45	12.25	2.23
36.00	97.98	2.02	33.00	2.79	9.21	1.67
43.00	99.13	0.87	39.50	1.65	6.51	1.15
51.00	99.79	0.21	47.00	0.82	3.87	0.66
61.00	100.00	0.00	56.00	0.21	1.17	0.21
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.46 mym      x50 = 5.65 mym      x90 = 19.72 mym  
 x5 = 1.01 mym      x16 = 2.00 mym      x84 = 15.08 mym

Sv= 1.74 m2/cm3      Sm= 6439.28 cm2/g      c\_opt= 26.4 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.08.93 / 10:55  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_5.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.85	96.15	0.70	96.20	6.73	3.85
1.10	5.92	94.08	1.00	103.72	10.37	2.07
1.30	8.10	91.90	1.20	109.02	13.08	2.18
1.50	10.31	89.69	1.40	110.13	15.42	2.20
1.80	13.62	86.38	1.65	110.58	18.25	3.32
2.20	18.01	81.99	2.00	109.78	21.96	4.39
2.60	22.33	77.67	2.40	107.86	25.89	4.31
3.10	27.54	72.46	2.85	104.21	29.70	5.21
3.70	33.46	66.54	3.40	98.61	33.53	5.92
4.30	38.97	61.03	4.00	91.91	36.76	5.51
5.00	44.82	55.18	4.65	83.52	38.84	5.85
6.00	52.10	47.90	5.50	72.88	40.08	7.29
7.50	61.05	38.95	6.75	59.62	40.24	8.94
9.00	68.19	31.81	8.25	47.61	39.28	7.14
10.50	73.80	26.20	9.75	37.42	36.48	5.61
12.50	79.47	20.53	11.50	28.33	32.58	5.67
15.00	84.74	15.26	13.75	21.07	28.98	5.27
18.00	89.23	10.77	16.50	14.97	24.69	4.49
21.00	92.37	7.63	19.50	10.48	20.44	3.15
25.00	95.04	4.96	23.00	6.67	15.35	2.67
30.00	97.10	2.90	27.50	4.12	11.32	2.06
36.00	98.55	1.45	33.00	2.42	7.97	1.45
43.00	99.46	0.54	39.50	1.30	5.15	0.91
51.00	99.90	0.10	47.00	0.54	2.55	0.43
61.00	100.00	0.00	56.00	0.10	0.59	0.10
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.47 mym      x50 = 5.71 mym      x90 = 18.74 mym  
 x5 = 1.01 mym      x16 = 2.02 mym      x84 = 14.65 mym

Sv= 1.73 m2/cm3      Sm= 6408.80 cm2/g      c\_opt= 29.1 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.08.93 / 14:42  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.92	96.08	0.70	98.04	6.86	3.92
1.10	6.03	93.97	1.00	105.37	10.54	2.11
1.30	8.24	91.76	1.20	110.39	13.25	2.21
1.50	10.46	89.54	1.40	111.23	15.57	2.22
1.80	13.80	86.20	1.65	111.34	18.37	3.34
2.20	18.21	81.79	2.00	110.19	22.04	4.41
2.60	22.53	77.47	2.40	107.97	25.91	4.32
3.10	27.73	72.27	2.85	104.01	29.64	5.20
3.70	33.62	66.38	3.40	98.21	33.39	5.89
4.30	39.11	60.89	4.00	91.44	36.57	5.49
5.00	44.93	55.07	4.65	83.12	38.65	5.82
6.00	52.20	47.80	5.50	72.73	40.00	7.27
7.50	61.18	38.82	6.75	59.86	40.41	8.98
9.00	68.40	31.60	8.25	48.15	39.72	7.22
10.50	74.11	25.89	9.75	38.06	37.11	5.71
12.50	79.89	20.11	11.50	28.88	33.21	5.78
15.00	85.23	14.77	13.75	21.40	29.42	5.35
18.00	89.75	10.25	16.50	15.06	24.85	4.52
21.00	92.88	7.12	19.50	10.41	20.31	3.12
25.00	95.48	4.52	23.00	6.51	14.96	2.60
30.00	97.44	2.56	27.50	3.92	10.78	1.96
36.00	98.78	1.22	33.00	2.23	7.36	1.34
43.00	99.58	0.42	39.50	1.15	4.55	0.81
51.00	99.93	0.07	47.00	0.43	2.04	0.35
61.00	100.00	0.00	56.00	0.07	0.38	0.07
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.46 mym      x50 = 5.70 mym      x90 = 18.24 mym  
 x5 = 1.00 mym      x16 = 2.00 mym      x84 = 14.42 mym

Sv= 1.74 m2/cm3      Sm= 6453.29 cm2/g      c\_opt= 29.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 12.08.93 / 15:14  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\PLASTI\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Plasticas/ Gres - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.74	96.26	0.70	93.50	6.55	3.74
1.10	5.76	94.24	1.00	100.87	10.09	2.02
1.30	7.88	92.12	1.20	106.10	12.73	2.12
1.50	10.02	89.98	1.40	107.24	15.01	2.14
1.80	13.26	86.74	1.65	107.76	17.78	3.23
2.20	17.54	82.46	2.00	107.10	21.42	4.28
2.60	21.76	78.24	2.40	105.40	25.30	4.22
3.10	26.86	73.14	2.85	102.09	29.10	5.10
3.70	32.68	67.32	3.40	97.01	32.98	5.82
4.30	38.14	61.86	4.00	90.93	36.37	5.46
5.00	43.97	56.03	4.65	83.34	38.75	5.83
6.00	51.34	48.66	5.50	73.66	40.51	7.37
7.50	60.55	39.45	6.75	61.40	41.45	9.21
9.00	68.04	31.96	8.25	49.95	41.21	7.49
10.50	74.01	25.99	9.75	39.82	38.82	5.97
12.50	80.06	19.94	11.50	30.25	34.79	6.05
15.00	85.63	14.37	13.75	22.27	30.62	5.57
18.00	90.26	9.74	16.50	15.44	25.47	4.63
21.00	93.40	6.60	19.50	10.47	20.41	3.14
25.00	95.94	4.06	23.00	6.35	14.61	2.54
30.00	97.79	2.21	27.50	3.70	10.18	1.85
36.00	99.01	0.99	33.00	2.03	6.68	1.22
43.00	99.70	0.30	39.50	0.99	3.93	0.70
51.00	99.97	0.03	47.00	0.33	1.55	0.26
61.00	100.00	0.00	56.00	0.03	0.19	0.03
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.50 mym      x50 = 5.82 mym      x90 = 17.83 mym  
 x5 = 1.02 mym      x16 = 2.06 mym      x84 = 14.27 mym

Sv= 1.71 m2/cm3      Sm= 6327.98 cm2/g      c\_opt= 27.3 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

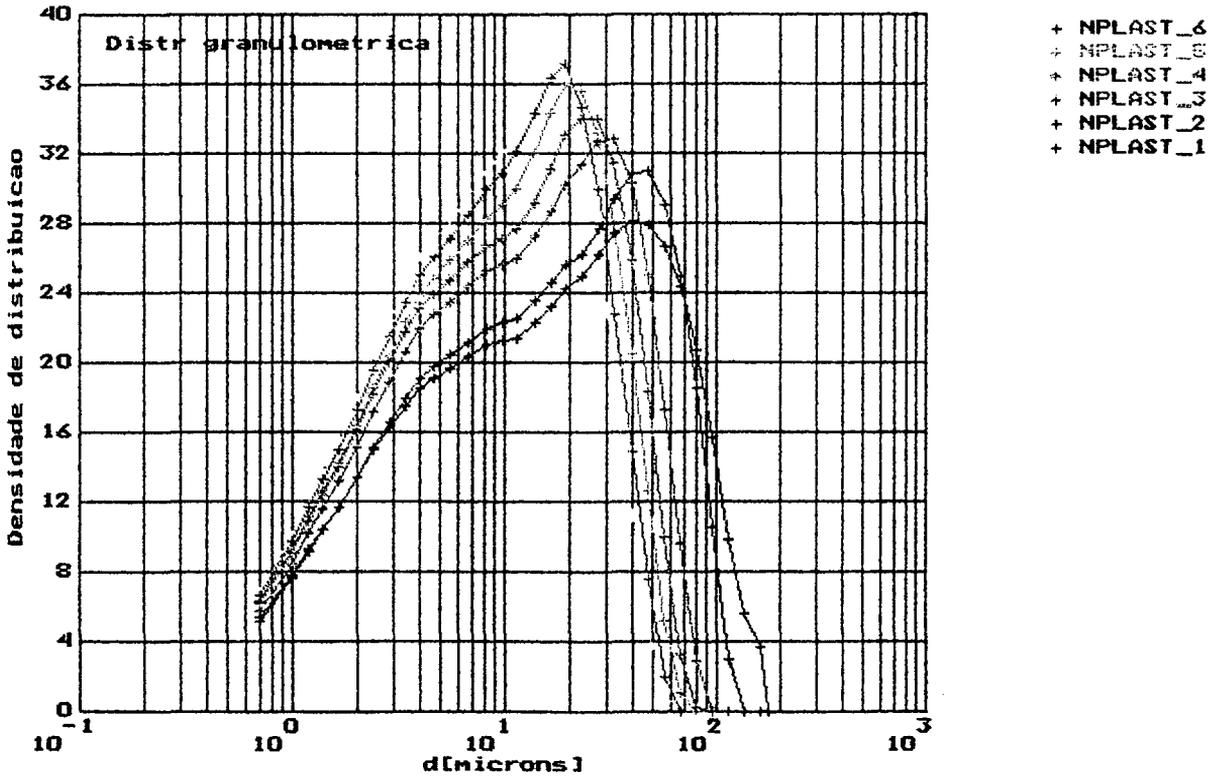
SYMPATEC HELOS Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 16.08.93 / 09:19  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

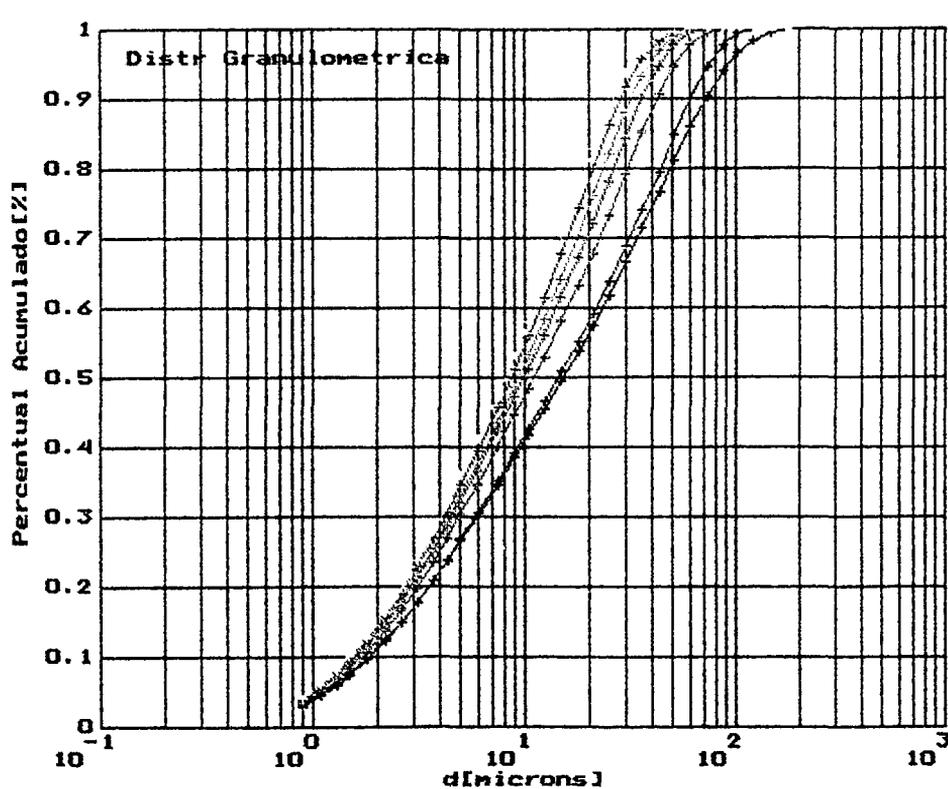
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
Dispersant agua destilada Pause s  
Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.08.93 / 16:05  
Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra



- + NPLAST\_1
- + NPLAST\_2
- + NPLAST\_3
- + NPLAST\_4
- + NPLAST\_5
- + NPLAST\_6

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 16.08.93 / 09:19  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua.  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.05	96.95	0.70	76.21	5.33	3.05
1.10	4.61	95.39	1.00	77.87	7.79	1.56
1.30	6.15	93.85	1.20	77.19	9.26	1.54
1.50	7.64	92.36	1.40	74.47	10.43	1.49
1.80	9.77	90.23	1.65	70.89	11.70	2.13
2.20	12.43	87.57	2.00	66.59	13.32	2.66
2.60	14.92	85.08	2.40	62.18	14.92	2.49
3.10	17.77	82.23	2.85	56.99	16.24	2.85
3.70	20.86	79.14	3.40	51.49	17.51	3.09
4.30	23.64	76.36	4.00	46.35	18.54	2.78
5.00	26.52	73.48	4.65	41.15	19.13	2.88
6.00	30.10	69.90	5.50	35.82	19.70	3.58
7.50	34.62	65.38	6.75	30.16	20.36	4.52
9.00	38.45	61.55	8.25	25.48	21.02	3.82
10.50	41.71	58.29	9.75	21.75	21.20	3.26
12.50	45.43	54.57	11.50	18.61	21.40	3.72
15.00	49.48	50.52	13.75	16.18	22.25	4.05
18.00	53.70	46.30	16.50	14.09	23.25	4.23
21.00	57.43	42.57	19.50	12.44	24.25	3.73
25.00	61.77	38.23	23.00	10.85	24.94	4.34
30.00	66.54	33.46	27.50	9.53	26.20	4.76
36.00	71.53	28.47	33.00	8.32	27.44	4.99
43.00	76.51	23.49	39.50	7.12	28.14	4.99
51.00	81.27	18.73	47.00	5.94	27.94	4.75
61.00	86.01	13.99	56.00	4.75	26.58	4.75
73.00	90.37	9.63	67.00	3.63	24.34	4.36
87.00	93.99	6.01	80.00	2.59	20.68	3.62
103.00	96.62	3.38	95.00	1.64	15.62	2.63
123.00	98.37	1.63	113.00	0.87	9.88	1.75
147.00	99.36	0.64	135.00	0.41	5.55	0.99
175.00	100.00	0.00	161.00	0.23	3.68	0.64

x10 = 1.84 mym      x50 = 15.37 mym      x90 = 71.97 mym  
 x5 = 1.15 mym      x16 = 2.79 mym      x84 = 56.76 mym

Sv= 1.16 m2/cm3      Sm= 4292.79 cm2/g      c\_opt= 23.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 16.08.93 / 09:50  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_2.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	2.97	97.03	0.70	74.16	5.19	2.97
1.10	4.49	95.51	1.00	76.28	7.63	1.53
1.30	6.02	93.98	1.20	76.19	9.14	1.52
1.50	7.50	92.50	1.40	73.95	10.35	1.48
1.80	9.62	90.38	1.65	70.89	11.70	2.13
2.20	12.30	87.70	2.00	67.07	13.41	2.68
2.60	14.83	85.17	2.40	63.04	15.13	2.52
3.10	17.73	82.27	2.85	58.16	16.58	2.91
3.70	20.90	79.10	3.40	52.84	17.97	3.17
4.30	23.77	76.23	4.00	47.76	19.11	2.87
5.00	26.75	73.25	4.65	42.54	19.78	2.98
6.00	30.46	69.54	5.50	37.12	20.42	3.71
7.50	35.16	64.84	6.75	31.36	21.16	4.70
9.00	39.15	60.85	8.25	26.60	21.94	3.99
10.50	42.57	57.43	9.75	22.81	22.24	3.42
12.50	46.50	53.50	11.50	19.62	22.56	3.92
15.00	50.78	49.22	13.75	17.11	23.53	4.28
18.00	55.24	44.76	16.50	14.89	24.57	4.47
21.00	59.18	40.82	19.50	13.10	25.55	3.93
25.00	63.73	36.27	23.00	11.39	26.21	4.56
30.00	68.76	31.24	27.50	10.05	27.64	5.03
36.00	74.11	25.89	33.00	8.91	29.40	5.35
43.00	79.56	20.44	39.50	7.80	30.81	5.46
51.00	84.84	15.16	47.00	6.59	30.98	5.27
61.00	90.02	9.98	56.00	5.18	29.04	5.18
73.00	94.49	5.51	67.00	3.72	24.93	4.47
87.00	97.72	2.28	80.00	2.31	18.46	3.23
103.00	99.48	0.52	95.00	1.10	10.47	1.76
123.00	100.00	0.00	113.00	0.26	2.92	0.52
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.86 mym      x50 = 14.55 mym      x90 = 60.96 mym  
 x5 = 1.17 mym      x16 = 2.80 mym      x84 = 49.73 mym  
 Sv= 1.17 m2/cm3      Sm= 4317.23 cm2/g      c\_opt= 21.9 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 16.08.93 / 10:22  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_3.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	3.25	96.75	0.70	81.14	5.68	3.25
1.10	4.93	95.07	1.00	83.98	8.40	1.68
1.30	6.61	93.39	1.20	84.48	10.14	1.69
1.50	8.26	91.74	1.40	82.45	11.54	1.65
1.80	10.65	89.35	1.65	79.53	13.12	2.39
2.20	13.68	86.32	2.00	75.71	15.14	3.03
2.60	16.54	83.46	2.40	71.54	17.17	2.86
3.10	19.86	80.14	2.85	66.33	18.90	3.32
3.70	23.48	76.52	3.40	60.49	20.57	3.63
4.30	26.77	73.23	4.00	54.80	21.92	3.29
5.00	30.19	69.81	4.65	48.88	22.73	3.42
6.00	34.46	65.54	5.50	42.68	23.47	4.27
7.50	39.87	60.13	6.75	36.07	24.35	5.41
9.00	44.46	55.54	8.25	30.62	25.26	4.59
10.50	48.40	51.60	9.75	26.26	25.61	3.94
12.50	52.92	47.08	11.50	22.60	25.99	4.52
15.00	57.87	42.13	13.75	19.78	27.19	4.94
18.00	63.08	36.92	16.50	17.37	28.66	5.21
21.00	67.73	32.27	19.50	15.49	30.21	4.65
25.00	73.18	26.82	23.00	13.64	31.37	5.45
30.00	79.13	20.87	27.50	11.89	32.69	5.94
36.00	85.08	14.92	33.00	9.93	32.75	5.96
43.00	90.45	9.55	39.50	7.67	30.28	5.37
51.00	94.69	5.31	47.00	5.31	24.95	4.25
61.00	97.78	2.22	56.00	3.09	17.29	3.09
73.00	99.49	0.51	67.00	1.43	9.56	1.71
87.00	100.00	0.00	80.00	0.36	2.89	0.51
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.01	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.72 mym      x50 = 11.21 mym      x90 = 42.42 mym  
 x5 = 1.11 mym      x16 = 2.52 mym      x84 = 34.91 mym  
 Sv= 1.30 m2/cm3      Sm= 4807.79 cm2/g      c\_opt= 24.6 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 16.08.93 / 10:56  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_4.HEI

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different dQ3/
0.90	3.50	96.50	0.70	87.53	6.13	3.50
1.10	5.31	94.69	1.00	90.29	9.03	1.81
1.30	7.12	92.88	1.20	90.48	10.86	1.81
1.50	8.88	91.12	1.40	88.05	12.33	1.76
1.80	11.42	88.58	1.65	84.66	13.97	2.54
2.20	14.63	85.37	2.00	80.33	16.07	3.21
2.60	17.66	82.34	2.40	75.71	18.17	3.03
3.10	21.16	78.84	2.85	70.03	19.96	3.50
3.70	24.99	75.01	3.40	63.76	21.68	3.83
4.30	28.45	71.55	4.00	57.73	23.09	3.46
5.00	32.05	67.95	4.65	51.48	23.94	3.60
6.00	36.55	63.45	5.50	44.96	24.73	4.50
7.50	42.25	57.75	6.75	38.03	25.67	5.70
9.00	47.10	52.90	8.25	32.31	26.66	4.85
10.50	51.27	48.73	9.75	27.77	27.07	4.17
12.50	56.07	43.93	11.50	24.01	27.62	4.80
15.00	61.37	38.63	13.75	21.20	29.15	5.30
18.00	67.03	32.97	16.50	18.86	31.11	5.66
21.00	72.11	27.89	19.50	16.95	33.05	5.08
25.00	78.02	21.98	23.00	14.78	34.00	5.91
30.00	84.20	15.80	27.50	12.35	33.97	6.18
36.00	89.91	10.09	33.00	9.52	31.42	5.71
43.00	94.50	5.50	39.50	6.55	25.88	4.59
51.00	97.61	2.39	47.00	3.89	18.27	3.11
61.00	99.38	0.62	56.00	1.78	9.95	1.78
73.00	99.96	0.04	67.00	0.48	3.21	0.57
87.00	100.00	0.00	80.00	0.03	0.24	0.04
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.63 mym      x50 = 10.04 mym      x90 = 36.13 mym  
 x5 = 1.07 mym      x16 = 2.38 mym      x84 = 29.84 mym

Sv= 1.38 m2/cm3      Sm= 5097.23 cm2/g      c\_opt= 25.9 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate  
 Focal length = 100 mm Date 18.08.93 / 10:02  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_5.HEL  
 Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3  
 Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/l/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.56	96.44	0.70	89.12	6.24	3.56
1.10	5.40	94.60	1.00	91.86	9.19	1.84
1.30	7.24	92.76	1.20	91.98	11.04	1.84
1.50	9.03	90.97	1.40	89.47	12.53	1.79
1.80	11.61	88.39	1.65	86.02	14.19	2.58
2.20	14.88	85.12	2.00	81.70	16.34	3.27
2.60	17.96	82.04	2.40	77.13	18.51	3.09
3.10	21.54	78.46	2.85	71.55	20.39	3.58
3.70	25.47	74.53	3.40	65.42	22.24	3.93
4.30	29.04	70.96	4.00	59.51	23.80	3.57
5.00	32.77	67.23	4.65	53.36	24.81	3.74
6.00	37.46	62.54	5.50	46.90	25.79	4.69
7.50	43.46	56.54	6.75	39.96	26.97	5.99
9.00	48.59	51.41	8.25	34.25	28.26	5.14
10.50	53.06	46.94	9.75	29.76	29.01	4.46
12.50	58.27	41.73	11.50	26.08	29.99	5.22
15.00	64.10	35.90	13.75	23.29	32.02	5.82
18.00	70.33	29.67	16.50	20.78	34.29	6.23
21.00	75.86	24.14	19.50	18.44	35.97	5.53
25.00	82.04	17.96	23.00	15.44	35.51	6.18
30.00	88.06	11.94	27.50	12.04	33.10	6.02
36.00	93.13	6.87	33.00	8.45	27.88	5.07
43.00	96.76	3.24	39.50	5.19	20.51	3.63
51.00	98.89	1.11	47.00	2.67	12.53	2.13
61.00	99.82	0.18	56.00	0.92	5.17	0.92
73.00	100.00	0.00	67.00	0.15	1.02	0.18
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.61 mym      x50 = 9.47 mym      x90 = 32.30 mym  
 x5 = 1.06 mym      x16 = 2.35 mym      x84 = 26.63 mym  
 Sv= 1.41 m2/cm3      Sm= 5219.38 cm2/g      c\_opt= 23.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate  
 Focal length = 100 mm Date 18.08.93 / 15:09  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_6.HEL  
 Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3  
 Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.77	96.23	0.70	94.17	6.59	3.77
1.10	5.71	94.29	1.00	97.08	9.71	1.94
1.30	7.65	92.35	1.20	97.22	11.67	1.94
1.50	9.54	90.46	1.40	94.56	13.24	1.89
1.80	12.27	87.73	1.65	90.88	15.00	2.73
2.20	15.72	84.28	2.00	86.26	17.25	3.45
2.60	18.97	81.03	2.40	81.35	19.52	3.25
3.10	22.74	77.26	2.85	75.35	21.48	3.77
3.70	26.87	73.13	3.40	68.78	23.39	4.13
4.30	30.62	69.38	4.00	62.49	24.99	3.75
5.00	34.54	65.46	4.65	56.00	26.04	3.92
6.00	39.46	60.54	5.50	49.26	27.09	4.93
7.50	45.78	54.22	6.75	42.12	28.43	6.32
9.00	51.22	48.78	8.25	36.27	29.93	5.44
10.50	55.98	44.02	9.75	31.68	30.89	4.75
12.50	61.56	38.44	11.50	27.92	32.11	5.58
15.00	67.80	32.20	13.75	24.97	34.33	6.24
18.00	74.41	25.59	16.50	22.04	36.36	6.61
21.00	80.12	19.88	19.50	19.03	37.12	5.71
25.00	86.15	13.85	23.00	15.08	34.68	6.03
30.00	91.59	8.41	27.50	10.87	29.89	5.43
36.00	95.73	4.27	33.00	6.91	22.79	4.14
43.00	98.36	1.64	39.50	3.75	14.82	2.63
51.00	99.65	0.35	47.00	1.61	7.56	1.29
61.00	100.00	0.00	56.00	0.35	1.98	0.35
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.55 mym      x50 = 8.66 mym      x90 = 28.54 mym  
 x5 = 1.03 mym      x16 = 2.23 mym      x84 = 23.57 mym  
 Sv= 1.48 m2/cm3      Sm= 5475.70 cm2/g      c\_opt= 24.7 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 18.08.93 / 16:05  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\NPLAST\_7.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Materias Primas Nao Plasticas - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	3.89	96.11	0.70	97.27	6.81	3.89
1.10	5.90	94.10	1.00	100.42	10.04	2.01
1.30	7.91	92.09	1.20	100.71	12.08	2.01
1.50	9.87	90.13	1.40	98.07	13.73	1.96
1.80	12.71	87.29	1.65	94.39	15.58	2.83
2.20	16.30	83.70	2.00	89.71	17.94	3.59
2.60	19.68	80.32	2.40	84.70	20.33	3.39
3.10	23.61	76.39	2.85	78.53	22.38	3.93
3.70	27.91	72.09	3.40	71.72	24.38	4.30
4.30	31.82	68.18	4.00	65.14	26.06	3.91
5.00	35.90	64.10	4.65	58.32	27.12	4.08
6.00	41.02	58.98	5.50	51.21	28.16	5.12
7.50	47.58	52.42	6.75	43.68	29.48	6.55
9.00	53.21	46.79	8.25	37.56	30.99	5.63
10.50	58.13	41.87	9.75	32.81	31.99	4.92
12.50	63.93	36.07	11.50	28.98	33.33	5.80
15.00	70.41	29.59	13.75	25.91	35.62	6.48
18.00	77.19	22.81	16.50	22.62	37.32	6.78
21.00	82.91	17.09	19.50	19.07	37.19	5.72
25.00	88.69	11.31	23.00	14.45	33.23	5.78
30.00	93.59	6.41	27.50	9.80	26.96	4.90
36.00	97.05	2.95	33.00	5.76	19.01	3.46
43.00	99.03	0.97	39.50	2.83	11.16	1.98
51.00	99.83	0.17	47.00	1.01	4.74	0.81
61.00	100.00	0.00	56.00	0.17	0.93	0.17
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.51 mym      x50 = 8.15 mym      x90 = 26.34 mym  
 x5 = 1.01 mym      x16 = 2.17 mym      x84 = 21.75 mym

Sv= 1.53 m2/cm3      Sm= 5653.43 cm2/g      c\_opt= 23.0 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

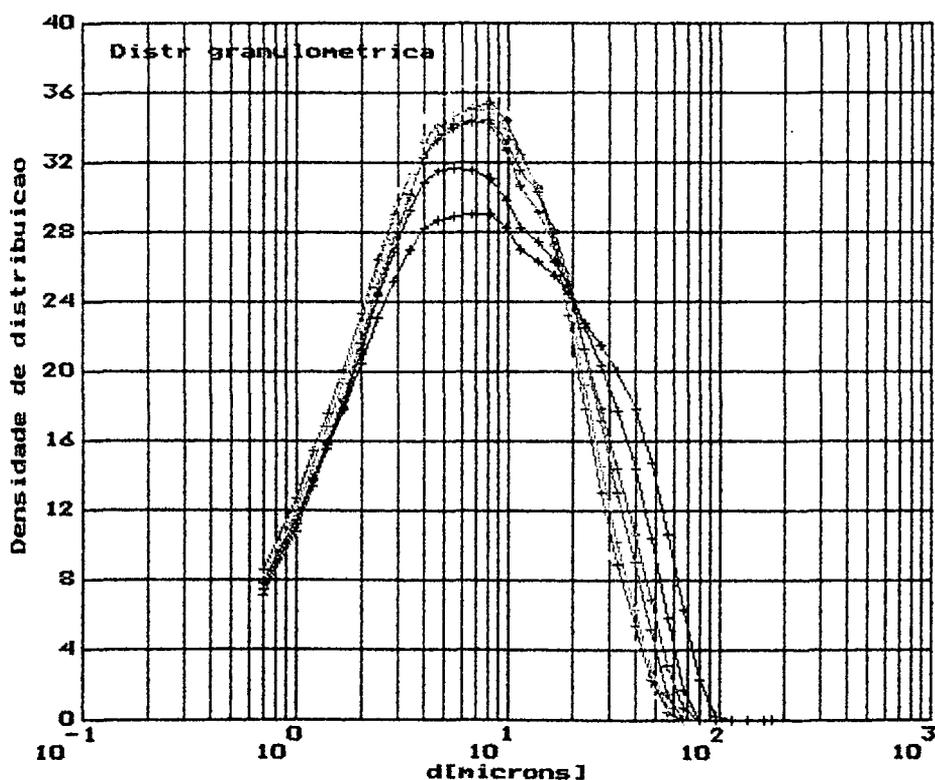
S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method    Suspension cell (CLCELL)                      Sonication time    60    s  
Dispersant        agua destilada                                              Pause                s  
Additive          Defloculante                                                 Stirring rate

Focal length     =    100 mm                                              Date                                              10.08.93 / 09:29  
Measuring time   =    10 s                                              Filename                                        C:\H\_DATA\BARBO\_1.HEL

Operator         = Joao Batista  
Sample name     = Barbotina/Massa Gres/Eliane III                      - density            2.70 g/cm\*\*3

Comments1        Teste com agua  
Comments2        O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra



- + BARBO\_6
- + BARBO\_5
- + BARBO\_4
- + BARBO\_3
- + BARBO\_2
- + BARBO\_1



SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.08.93 / 09:29  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\BARBO\_1.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Barbotina/Massa Gres/Eliane III - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.43	95.57	0.70	110.70	7.75	4.43
1.10	6.72	93.28	1.00	114.54	11.45	2.29
1.30	9.02	90.98	1.20	115.15	13.82	2.30
1.50	11.27	88.73	1.40	112.27	15.72	2.25
1.80	14.51	85.49	1.65	108.02	17.82	3.24
2.20	18.60	81.40	2.00	102.34	20.47	4.09
2.60	22.44	77.56	2.40	96.08	23.06	3.84
3.10	26.85	73.15	2.85	88.19	25.13	4.41
3.70	31.61	68.39	3.40	79.31	26.97	4.76
4.30	35.85	64.15	4.00	70.69	28.28	4.24
5.00	40.18	59.82	4.65	61.78	28.73	4.32
6.00	45.44	54.56	5.50	52.63	28.95	5.26
7.50	51.90	48.10	6.75	43.07	29.07	6.46
9.00	57.19	42.81	8.25	35.25	29.08	5.29
10.50	61.53	38.47	9.75	28.94	28.22	4.34
12.50	66.23	33.77	11.50	23.49	27.01	4.70
15.00	71.02	28.98	13.75	19.15	26.33	4.79
18.00	75.64	24.36	16.50	15.41	25.43	4.62
21.00	79.40	20.60	19.50	12.53	24.44	3.76
25.00	83.35	16.65	23.00	9.87	22.70	3.95
30.00	87.25	12.75	27.50	7.80	21.45	3.90
36.00	90.88	9.12	33.00	6.06	20.00	3.64
43.00	94.05	5.95	39.50	4.52	17.85	3.16
51.00	96.55	3.45	47.00	3.13	14.73	2.51
61.00	98.44	1.56	56.00	1.89	10.58	1.89
73.00	99.56	0.44	67.00	0.94	6.27	1.12
87.00	99.96	0.04	80.00	0.28	2.27	0.40
103.00	100.00	0.00	95.00	0.02	0.23	0.04
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.39 mym      x50 = 7.06 mym      x90 = 34.54 mym  
 x5 = 0.95 mym      x16 = 1.95 mym      x84 = 25.84 mym

Sv= 1.65 m2/cm3      Sm= 6118.20 cm2/g      c\_opt= 20.7 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.08.93 / 10:03  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\BARBO\_2.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Barbotina/Massa Gres/Eliane III - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.26	95.74	0.70	106.41	7.45	4.26
1.10	6.49	93.51	1.00	111.86	11.19	2.24
1.30	8.78	91.22	1.20	114.43	13.73	2.29
1.50	11.04	88.96	1.40	113.10	15.83	2.26
1.80	14.36	85.64	1.65	110.54	18.24	3.32
2.20	18.62	81.38	2.00	106.39	21.28	4.26
2.60	22.67	77.33	2.40	101.32	24.32	4.05
3.10	27.39	72.61	2.85	94.35	26.89	4.72
3.70	32.54	67.46	3.40	85.90	29.20	5.15
4.30	37.17	62.83	4.00	77.22	30.89	4.63
5.00	41.92	58.08	4.65	67.80	31.53	4.75
6.00	47.68	52.32	5.50	57.65	31.71	5.77
7.50	54.69	45.31	6.75	46.72	31.54	7.01
9.00	60.35	39.65	8.25	37.73	31.13	5.66
10.50	64.94	35.06	9.75	30.58	29.81	4.59
12.50	69.85	30.15	11.50	24.57	28.25	4.91
15.00	74.83	25.17	13.75	19.93	27.40	4.98
18.00	79.61	20.39	16.50	15.93	26.28	4.78
21.00	83.45	16.55	19.50	12.79	24.94	3.84
25.00	87.37	12.63	23.00	9.81	22.55	3.92
30.00	91.07	8.93	27.50	7.40	20.36	3.70
36.00	94.30	5.70	33.00	5.37	17.73	3.22
43.00	96.86	3.14	39.50	3.65	14.43	2.56
51.00	98.63	1.37	47.00	2.22	10.45	1.78
61.00	99.68	0.32	56.00	1.05	5.88	1.05
73.00	100.00	0.00	67.00	0.26	1.76	0.32
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.41 mym      x50 = 6.50 mym      x90 = 28.55 mym  
 x5 = 0.97 mym      x16 = 1.95 mym      x84 = 21.56 mym

Sv= 1.68 m2/cm3      Sm= 6236.55 cm2/g      c\_opt= 24.2 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.08.93 / 11:12  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\BARBO\_3.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Barbotina/Massa Gres/Eliane III - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.08	95.92	0.70	102.03	7.14	4.08
1.10	6.24	93.76	1.00	107.98	10.80	2.16
1.30	8.47	91.53	1.20	111.27	13.35	2.23
1.50	10.68	89.32	1.40	110.65	15.49	2.21
1.80	13.95	86.05	1.65	108.97	17.98	3.27
2.20	18.18	81.82	2.00	105.86	21.17	4.23
2.60	22.25	77.75	2.40	101.80	24.43	4.07
3.10	27.05	72.95	2.85	95.95	27.35	4.80
3.70	32.37	67.63	3.40	88.56	30.11	5.31
4.30	37.21	62.79	4.00	80.74	32.30	4.84
5.00	42.25	57.75	4.65	71.97	33.47	5.04
6.00	48.46	51.54	5.50	62.10	34.16	6.21
7.50	56.10	43.90	6.75	50.96	34.40	7.64
9.00	62.31	37.69	8.25	41.40	34.16	6.21
10.50	67.34	32.66	9.75	33.52	32.68	5.03
12.50	72.67	27.33	11.50	26.65	30.64	5.33
15.00	77.97	22.03	13.75	21.19	29.14	5.30
18.00	82.90	17.10	16.50	16.45	27.15	4.94
21.00	86.72	13.28	19.50	12.73	24.82	3.82
25.00	90.41	9.59	23.00	9.22	21.22	3.69
30.00	93.66	6.34	27.50	6.50	17.87	3.25
36.00	96.27	3.73	33.00	4.35	14.35	2.61
43.00	98.16	1.84	39.50	2.70	10.66	1.89
51.00	99.33	0.67	47.00	1.46	6.88	1.17
61.00	99.88	0.12	56.00	0.55	3.08	0.55
73.00	100.00	0.00	67.00	0.10	0.67	0.12
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.44 mym      x50 = 6.30 mym      x90 = 24.55 mym  
 x5 = 0.99 mym      x16 = 1.99 mym      x84 = 18.86 mym

Sv= 1.68 m2/cm3      Sm= 6239.27 cm2/g      c\_opt= 18.6 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.08.93 / 15:11  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\BARBO\_4.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Barbotina/Massa Gres/Eliane III - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.24	95.76	0.70	106.10	7.43	4.24
1.10	6.48	93.52	1.00	111.84	11.18	2.24
1.30	8.78	91.22	1.20	114.76	13.77	2.30
1.50	11.05	88.95	1.40	113.73	15.92	2.27
1.80	14.40	85.60	1.65	111.54	18.40	3.35
2.20	18.71	81.29	2.00	107.85	21.57	4.31
2.60	22.84	77.16	2.40	103.22	24.77	4.13
3.10	27.68	72.32	2.85	96.77	27.58	4.84
3.70	33.01	66.99	3.40	88.84	30.21	5.33
4.30	37.85	62.15	4.00	80.62	32.25	4.84
5.00	42.86	57.14	4.65	71.61	33.30	5.01
6.00	49.03	50.97	5.50	61.74	33.96	6.17
7.50	56.66	43.34	6.75	50.87	34.34	7.63
9.00	62.91	37.09	8.25	41.68	34.39	6.25
10.50	68.03	31.97	9.75	34.13	33.28	5.12
12.50	73.53	26.47	11.50	27.46	31.58	5.49
15.00	79.03	20.97	13.75	22.00	30.25	5.50
18.00	84.14	15.86	16.50	17.06	28.15	5.12
21.00	88.06	11.94	19.50	13.06	25.47	3.92
25.00	91.75	8.25	23.00	9.23	21.22	3.69
30.00	94.88	5.12	27.50	6.25	17.18	3.12
36.00	97.25	2.75	33.00	3.96	13.06	2.37
43.00	98.85	1.15	39.50	2.28	9.01	1.60
51.00	99.73	0.27	47.00	1.10	5.16	0.88
61.00	100.00	0.00	56.00	0.27	1.53	0.27
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.41 mym      x50 = 6.19 mym      x90 = 23.10 mym  
 x5 = 0.97 mym      x16 = 1.95 mym      x84 = 17.92 mym

Sv= 1.72 m2/cm3      Sm= 6362.12 cm2/g      c\_opt= 19.5 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.08.93 / 15:43  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\BARBO\_5.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Barbotina/Massa Gres/Eliane III - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.50	95.50	0.70	112.53	7.88	4.50
1.10	6.87	93.13	1.00	118.41	11.84	2.37
1.30	9.30	90.70	1.20	121.27	14.55	2.43
1.50	11.69	88.31	1.40	119.98	16.80	2.40
1.80	15.22	84.78	1.65	117.40	19.37	3.52
2.20	19.74	80.26	2.00	113.18	22.64	4.53
2.60	24.06	75.94	2.40	107.98	25.91	4.32
3.10	29.10	70.90	2.85	100.82	28.73	5.04
3.70	34.63	65.37	3.40	92.11	31.32	5.53
4.30	39.62	60.38	4.00	83.17	33.27	4.99
5.00	44.76	55.24	4.65	73.48	34.17	5.14
6.00	51.07	48.93	5.50	63.06	34.68	6.31
7.50	58.84	41.16	6.75	51.81	34.97	7.77
9.00	65.21	34.79	8.25	42.45	35.02	6.37
10.50	70.43	29.57	9.75	34.81	33.94	5.22
12.50	76.03	23.97	11.50	28.01	32.21	5.60
15.00	81.60	18.40	13.75	22.25	30.60	5.56
18.00	86.67	13.33	16.50	16.90	27.88	5.07
21.00	90.42	9.58	19.50	12.52	24.41	3.76
25.00	93.77	6.23	23.00	8.37	19.25	3.35
30.00	96.41	3.59	27.50	5.29	14.53	2.64
36.00	98.26	1.74	33.00	3.08	10.17	1.85
43.00	99.38	0.62	39.50	1.60	6.33	1.12
51.00	99.89	0.11	47.00	0.63	2.96	0.50
61.00	100.00	0.00	56.00	0.11	0.64	0.11
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.36 mym      x50 = 5.83 mym      x90 = 20.66 mym  
 x5 = 0.94 mym      x16 = 1.87 mym      x84 = 16.42 mym

Sv= 1.79 m2/cm3      Sm= 6625.59 cm2/g      c\_opt= 22.7 %

SYMPATEC HELOS VECTRA - User identification

S Y M P A T E C H E L O S Particle size analysis

Measure method Suspension cell (CLCELL) Sonication time 60 s  
 Dispersant agua destilada Pause s  
 Additive Defloculante Stirring rate

Focal length = 100 mm Date 10.08.93 / 16:38  
 Measuring time = 10 s Filename C:\H\_DATA\BARBO\_6.HEL

Operator = Joao Batista  
 Sample name = Barbotina/Massa Gres/Eliane III - density 2.70 g/cm\*\*3

Comments1 Teste com agua  
 Comments2 O defloculante utilizado foi o REFRIX ja incorporado na amostra

Volume distribution

Upper band limit xo/mym	Pct. under cumulative Q3/%	Pct. over cumulative (1-Q3)/%	Average for band xm/mym	Distribut. linear q3/1/mm	density logarith. q3lg	Pct.in band different. dQ3/%
0.90	4.90	95.10	0.70	122.42	8.57	4.90
1.10	7.44	92.56	1.00	127.30	12.73	2.55
1.30	10.02	89.98	1.20	128.68	15.44	2.57
1.50	12.54	87.46	1.40	126.04	17.65	2.52
1.80	16.20	83.80	1.65	121.96	20.12	3.66
2.20	20.85	79.15	2.00	116.29	23.26	4.65
2.60	25.24	74.76	2.40	109.90	26.38	4.40
3.10	30.33	69.67	2.85	101.68	28.98	5.08
3.70	35.86	64.14	3.40	92.26	31.37	5.54
4.30	40.84	59.16	4.00	82.96	33.19	4.98
5.00	45.97	54.03	4.65	73.21	34.04	5.12
6.00	52.26	47.74	5.50	62.98	34.64	6.30
7.50	60.07	39.93	6.75	52.05	35.13	7.81
9.00	66.50	33.50	8.25	42.89	35.39	6.43
10.50	71.79	28.21	9.75	35.27	34.39	5.29
12.50	77.44	22.56	11.50	28.25	32.49	5.65
15.00	82.98	17.02	13.75	22.15	30.46	5.54
18.00	87.92	12.08	16.50	16.47	27.18	4.94
21.00	91.50	8.50	19.50	11.92	23.24	3.57
25.00	94.60	5.40	23.00	7.74	17.80	3.10
30.00	96.97	3.03	27.50	4.75	13.07	2.38
36.00	98.59	1.41	33.00	2.69	8.88	1.61
43.00	99.53	0.47	39.50	1.35	5.35	0.95
51.00	99.93	0.07	47.00	0.49	2.31	0.39
61.00	100.00	0.00	56.00	0.07	0.41	0.07
73.00	100.00	0.00	67.00	0.00	0.00	0.00
87.00	100.00	0.00	80.00	0.00	0.00	0.00
103.00	100.00	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00
123.00	100.00	0.00	113.00	0.00	0.00	0.00
147.00	100.00	0.00	135.00	0.00	0.00	0.00
175.00	100.00	0.00	161.00	0.00	0.00	0.00

x10 = 1.30 mym      x50 = 5.64 mym      x90 = 19.74 mym  
 x5 = 0.91 mym      x16 = 1.78 mym      x84 = 15.62 mym

Sv= 1.86 m2/cm3      Sm= 6872.18 cm2/g      c\_opt= 21.5 %



### ANEXO III

Resultados de Viscosidade Aparente (Cp) X Percentual em Peso de Material Seco de Defloculante para as Matérias Primas Defloculáveis e de Viscosidade Aparente ( C p ) X Percentual em Peso de Água para as Não Defloculáveis.

ARGILA BRUNEL		FILITO CASTRENSE		FILITO ITAPEVA	
% Defloc.	Visc.	% Defloc.	Visc.	% Defloc.	Visc.
0.00	--	0.00	7000	0.00	4800
0.10	--	0.10	1100	0.03	1800
1.00	9450	0.13	230	0.07	200
1.10	1700	0.17	220	0.10	165
1.20	800	0.20	90	0.13	78
1.30	520	0.23	150	0.17	100
1.40	560	0.27	230	0.20	200
1.50	480	--	--	--	--
1.60	560	--	--	--	--
1.70	600	--	--	--	--
1.80	760	--	--	--	--
1.90	920	--	--	--	--
2.00	1200	--	--	--	--

ARG. TABATINGA		FONOLITO L.		TALCO COPAMI		QUARTZITO ORL.	
% Água	Visc.	% Água	Visc.	% Água	Visc.	% Água	Visc.
0.00	--	0.00	--	0.00	--	0.00	--
69,0	4000	21.6	2000	57.7	4800	37.5	7000
71,0	4000	22.1	1150	58.9	3800	40.0	4600
75,0	4000	22.7	750	60.0	2750	42.3	3100
81,0	1800	23.2	550	61.0	2000	44.4	2000
83,0	1000	--	--	62.9	1600	46.4	1600
--	--	--	--	63.8	1300	48.3	1100
--	--	--	--	64.3	1050	50.0	850
--	--	--	--	64.7	800	51.6	650

## ANEXO IV

Resultados de Percentual em Massa de Resíduo em Peneira 325 Mesh para as Matérias Primas quando Moídas Individualmente, para os grupos de Matérias Primas e para a Barbotina.

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Argila Brunel	2.86	1.06	0.80	0.13	0.00	0.00	0.00
Argila Tabatinga	1.61	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Filito Castrense	4,52	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Filito Itapeva	8.42	2.50	0.38	0.21	0.00	0.00	0.00
Fonolito Lages	19.0	14.7	9.22	5.44	2.37	1.56	0.38
Talco Copami	7.10	1.50	1.00	0.27	0.00	0.00	0.00
Quartzito Orleans	39.0	31.1	23.2	9.68	4.81	0.77	0.00

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Mat. Plásticos	8.78	7.83	4.18	3.18	0.78	0.20	0.00
Mat. Não Plásticos	34.8	28.3	7.80	2.30	0.80	0.26	0.00
Barbotina	16.6	6.24	1.90	0.81	0.00	0.00	0.00

## ANEXO V

Resultados de Diâmetro para 90 % Acumulado (  $\mu\text{m}$  ) com o Tempo de Moagem (h) para as Matérias Primas Moídas Individualmente, para os Grupos de Matérias primas e para a Barbotina

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Argila Brunel	25.2	23.7	22.2	21.4	20.4	20.7	19.7
Argila Tabatinga	23.2	19.6	20.9	16.2	14.1	14.4	14.8
Filito Castrense	27.6	24.4	20.6	20.5	19.6	18.4	17.8
Filito Itapeva	26.4	23.9	20.7	18.0	17.2	14.9	14.3
Fonolito Lages	56.7	54.5	47.7	43.4	36.9	35.8	33.8
Talco Copami	31.9	24.4	23.5	20.4	17.9	17.6	16.7
Quartzito Orleans	75.0	69.4	62.2	47.2	40.2	32.7	30.0

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Mat. Plásticos	28.4	24.1	21.4	19.7	18.7	18.2	17.8
Mat. Não Plásticos	72.0	61.0	42.4	36.1	32.3	28.5	26.3
Barbotina	34.5	28.6	24.6	23.1	20.7	19.7	18.6

## ANEXO VI

Resultados de Diâmetro por 50 % Acumulado (  $\mu\text{m}$  ) com o Tempo de Moagem (h) para as Matérias Primas Moídas Individualmente, para os Grupos de Matérias Primas e para a Barbotina.

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Argila Brunei	5.10	4.79	5.21	4.94	4.89	5.28	5.27
Argila Tabatinga	7.17	6.78	7.11	5.07	4.44	4.66	4.75
Filito Castrense	8.75	8.46	7.76	7.65	7.35	7.10	6.94
Filito Itapeva	6.67	6.43	6.25	5.95	5.85	5.46	5.36
Fonolito Lages	13.9	14.4	13.8	12.6	9.12	9.52	9.04
Talco Copami	8.30	7.04	6.91	6.35	5.83	5.79	5.53
Quartzito Orleans	13.2	17.1	19.1	14.3	12.0	9.66	8.93

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Mat. Plásticos	6.22	5.99	5.77	5.65	5.71	5.70	5.82
Mat. Não Plásticos	15.4	14.6	11.2	10.0	9.47	8.66	8.15
Barbotina	7.06	6.50	6.30	6.19	5.83	5.64	5.52

## ANEXO VII

Resultados de Diâmetro para 10 % Acumulado (  $\mu\text{m}$  ) com o Tempo de Moagem ( h ) para as Matérias Primas Moídas Individualmente, para os Grupos de Matérias Primas e para a Barbotina.

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Argila Brunei	1.25	1.20	1.31	1.23	1.25	1.32	1.32
Argila Tabatinga	1.46	1.39	1.38	1.23	1.15	1.19	1.26
Filito Castrense	1.74	1.74	1.62	1.60	1.53	1.50	1.46
Filito Itapeva	1.69	1.59	1.58	1.54	1.49	1.45	1.43
Fonolito Lages	1.38	1.43	1.42	1.35	1.22	1.24	1.21
Talco Copami	1.70	1.55	1.54	1.47	1.41	1.40	1.38
Quartzito Orleans	1.67	1.88	2.15	1.75	1.67	1.56	1.51

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Mat. Plásticos	1.48	1.46	1.45	1.46	1.47	1.46	1.50
Mat. Não Plásticos	1.84	1.86	1.72	1.63	1.61	1.55	1.51
Barbotina	1.39	1.41	1.44	1.41	1.36	1.30	1.32

## ANEXO VIII

Resultados de Superfície Específica (  $m^2 / cm^3$  ) com o Tempo de Moagem ( h ) para as Matérias Primas Moídas Individualmente, para os Grupos de Matérias Primas e para a Barbotina.

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Argila Brunel	1.93	2.02	1.88	1.98	1.97	1.87	1.88
Argila Tabatinga	1.63	1.71	1.69	1.99	2.16	2.10	2.01
Filito Castrense	1.37	1.39	1.49	1.60	1.53	1.50	1.46
Filito Itapeva	1.51	1.58	1.61	1.67	1.71	1.79	1.82
Fonolito Lages	1.42	1.36	1.39	1.46	1.68	1.65	1.70
Talco Copami	1.41	1.57	1.58	1.67	1.76	1.77	1.82
Quartzito Orleans	1.29	1.14	1.02	1.23	1.31	1.44	1.49

Matérias-Primas	TEMPO DE MOAGEM						
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h
Mat. Plásticos	1.66	1.69	1.73	1.74	1.73	1.74	1.71
Mat. Não Plásticos	1.16	1.17	1.30	1.38	1.41	1.48	1.53
Barbotina	1.65	1.68	1.68	1.72	1.79	1.86	1.86

