



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA MISTURA NA DISPERSÃO
DE SÍLICA ATIVA**

-

ANTOINE MERLIN

Novembro 2006

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA MISTURA NA DISPERSÃO DE SÍLICA ATIVA

-

ANTOINE MERLIN

Departamento :
Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Orientador :
Prof. Antonio Carlos Vieira Coelho

AGRADECIMENTOS

Eu queria agradecer o César, sempre simpático e motivado, com quem eu trabalhei durante 4 meses e o Rafael quem seguiu a pesquisa com atenção.

Eu queria também agradecer o Sr. Vanderley John para me dar a oportunidade de trabalhar no laboratório sobre esse assunto.

Enfim, obrigado para todos os pesquisadores do laboratório de microestrutura para estar acolhendo e de bom humor com um estrangeiro quem fala um português aproximativo!

RESUMO

Devido à crescente necessidade de obtenção de materiais cimentícios de alto desempenho, aditivos como a sílica ativa vêm sendo utilizados com o objetivo de se aumentar a compacidade e/ou a resistência dos produtos. No entanto, durante a comercialização, algumas propriedades fornecidas pelo fabricante nas fichas técnicas desses aditivos têm se mostrado diferentes das observadas durante o uso. Dentre elas pode ser citada a granulometria onde devido, principalmente, ao elevado poder aglomerante desses pós (que em sua maior parte, permanece unida mesmo após o cisalhamento), as partículas se encontram com diâmetros muito maiores do que os descritos. Assim, quando esses materiais são adicionados em composições cimentícias, com a finalidade de preenchimento de vazios (*efeito filler*), o objetivo não é alcançado e, conseqüentemente, o melhor desempenho em uso não é atingido. Desta forma, neste trabalho foi avaliada uma forma de processamento de suspensões de sílica ativa para promoção de maior desaglomeração e afinamento da distribuição de tamanhos de partículas e, conseqüentemente, aumentar o tempo para sedimentação e a eficiência na dispersão.

ABSTRACT

EVALUATION OF MIXING EFFECT ON THE SILICA FUME DISPERSION

In order to obtain high performance concretes, additives such as active silica (also called microsilica) are used in cement paste, aiming at enhancing the compactness and/or the resistance. However, when added to compositions, microsilica tends to behave differently than expected from the theoretical properties given by the supplier. The granulometria is particularly different from the theoretical one, due to the high binder force of the microsilica powder (which remains largely agglomerated even after shearing) and the microsilica particles are found much bigger than described in the technical card. Although the goal is to fill the pore of the cementitious composition with small particles, this agglomeration prevents microsilica from reaching it fully. Finally microsilica does not improve the performances as expected.

This study assets a mixing process that improves disagglomeration and particles refining, and thus increases sedimentation time and dispersion efficiency.

ÍNDICE DE ASSUNTOS

	Pág.
RESUMO	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE ASSUNTOS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Processo de produção	12
1.2. Aplicações	13
1.3. Por que utilizar sílica ativa em composições cimentícias?	13
2. OBJETIVO DO TRABALHO	17
3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	17
3.1. Métodos de avaliação	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS	34
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Micrografia de uma SA densificada (esquerda) obtida em um microscópio eletrônico de varredura – LEO (Modelo Stereoscan 440) acoplado ao espectrômetro de dispersão de energia que fornece o espectro apresentado à direita	12
Figura 2. Fluxograma do processo de produção de sílica ativa	12
Figura 3. Ilustração do efeito físico filler, onde as partículas de sílica ativa preenchem os vazios entre as partículas de cimento	13
Figura 4. Variação da atividade pozolânica de sílicas ativas densificada (DSF) e não-densificada (SF)	14
Figura 5. Ilustração das diferenças observadas por <i>Sánchez de Rojas, Rivera & Frías</i> , com relação à SA não-densificada (a) e densificada (b)	15
Figura 6. Formação de aglomerados de AS em pastas cimentícias	15
Figura 7. Microscopia ótica da microestrutura de uma argamassa contendo sílica ativa após 39 dias de imersão em NaOH 1N e 80°C	16
Figura 8. Avaliação da energia de cisalhamento na dispersão de SA	17
Figura 9. Distribuições granulométricas das AS utilizadas no trabalho, após serem retiradas do saco de matérias-primas	18
Figura 10. Ilustração dos equipamentos utilizados no processamento da suspensão ..	19
Figura 11. Granulômetro a laser utilizado para determinação das características granulométricas das SA	19
Figura 12. Acompanhamento fotográfico da sedimentação de partículas	20

Figura 13. Etapas do ensaio de determinação de eficiência da dispersão das sílicas ativas	20
Figura 14. Distribuições granulométricas das SA 920D após 30 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante	22
Figura 15. Distribuições granulométricas das SA 920D após 45 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante	23
Figura 16. Distribuição granulométrica da SA após 30 minutos de mistura, sem dispersante e 5 minutos de cisalhamento intenso em dispersor de alta energia	24
Figura 17. Distribuições granulométricas das SA 971D após 30 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante	25
Figura 18. Distribuições granulométricas das SA 971D após 45 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante	26
Figura 19. Distribuição granulométrica da SA após 30 minutos de mistura, sem dispersante e 5 minutos de cisalhamento intenso em dispersor de alta energia	27
Figura 20. Acompanhamento fotográfica da sedimentação das SA	28
Figura 21. Quantidade de SA efetivamente dispersa após repousos de 60 e 90 minutos	29
Figura 22. Relação entre as partículas dispersas de 920 D e de 971 D.	30
Figura 23. Relação entre as partículas teoricamente dispersas (lei de Stokes) e medida	32
Figura 24. Sedimentação de partículas pela ação da gravidade (teórico) e interferência das menores partículas.	32

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela I. Propriedades físicas de SA	11
Tabela II. Características das SA utilizadas no estudo	18
Tabela III. Suspensões de SA processadas	21

1 - INTRODUÇÃO

Silica ativa (SA) é uma matéria-prima muito fina, subproduto da reação entre quartzo de alta pureza e carvão na produção de silício metálico e ligas ferro-silício. Outra forma de obtenção é como resíduo da produção de outras ligas, tais como ferro-cromo e ferro-manganês. Apresentam morfologia de esferas 'quase' perfeitas com diâmetros que podem variar de 0,02 μm a 0,5 mm ($d_{50} = 0,1 \mu\text{m}$) e área superficial em torno de 20 m^2/g . Tipicamente, de 85 a 95% de microsilica está na forma amorfa, com algumas impurezas, como silício metálico e carbono [1].

São partículas amorfas compostas de SiO_2 (dióxido de silício), cerca de 100 vezes menores que as partículas de cimento. A tabela I ilustra algumas características físicas da SA.

Tabela I. Propriedades físicas de SA.

Propriedades físicas		
Tamanho de partículas (μm) – d_{50}		0,1
Densidade aparente (g/cm^3)	produção	0,13 a 0,43
	pasta	1,32 a 1,44
	densificada	0,48 a 0,72
Densidade real (g/cm^3)		2,2
Área superficial específica (m^2/kg) – BET		13.000 a 30.000

A estrutura amorfa é muito rica em dióxido de silício sendo que grande parte das SA utilizadas em para reforço de compostos cimentícios apresentam mais que 85% de pureza. A figura 1 ilustra uma micrografia de SA salientando a elevada pureza do material a partir do espectro de dispersão de energia.

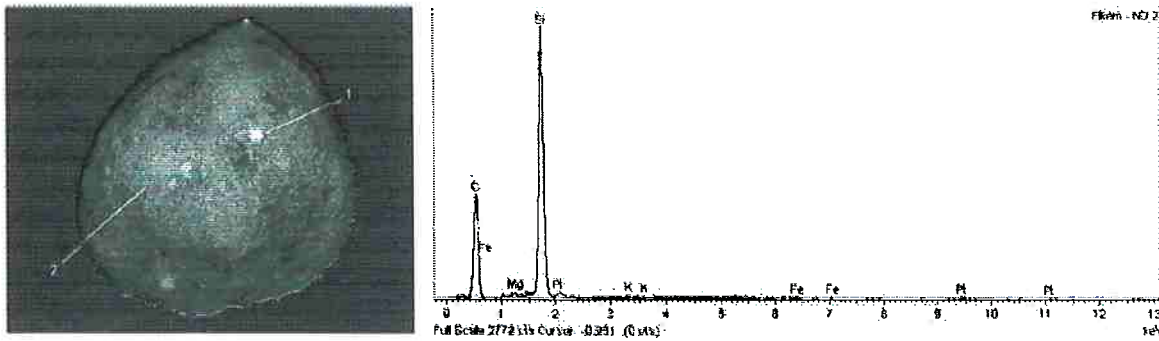
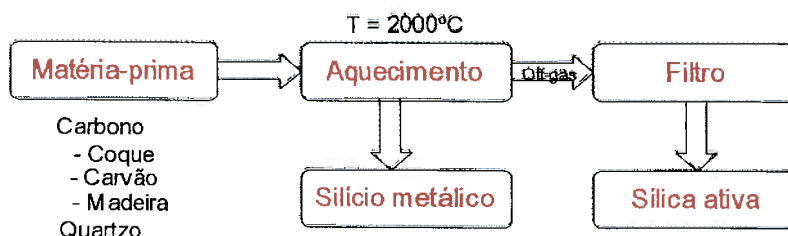


Figura 1. Micrografia de uma SA densificada (esquerda) obtida em um microscópio eletrônico de varredura – LEO (Modelo Stereoscan 440) acoplado ao espectrômetro de dispersão de energia que fornece o espectro apresentado à direita [1].

Até meados da década de 70, quase toda SA era descartada na atmosfera, não sendo aproveitada para nenhum fim. Além disso, poderia causar sérios problemas respiratórios, devido à inalação de partículas com dimensões coloidais. Após 1970, devido à necessidade de melhores controles ambientais, os estudos para aplicações da sílica ativa se tornaram economicamente viáveis e esses materiais passaram a ser empregados em diversos setores, dentre eles, o da construção civil. Desde o dos anos 90, a SA tem sido amplamente em materiais cimentícios em geral, para melhorar o desempenho em uso, já que além de melhorar a resistência, também englobava outras propriedades associadas à durabilidade, como a baixa permeabilidade e a resistência a ataques químicos [2].

1.1 – PROCESSO DE PRODUÇÃO

Conforme salientado anteriormente a sílica ativa é um subproduto da reação de obtenção de algumas ligas metálicas e um fluxograma simplificado desse processamento é apresentado na figura 2.



Reação envolvida no processo

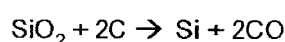


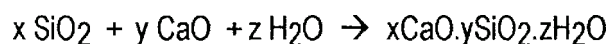
Figura 2. Fluxograma do processo de produção de sílica ativa.

1.2 – APLICAÇÕES

Como a SA é um material com partículas muito finas, elevada área superficial e elevado teor de SiO_2 , podem ser utilizados como adições em composições de cimento portland para aumentar a resistência mecânica e a durabilidade, entre outras.

1.3 – POR QUE UTILIZAR SÍLICA ATIVA EM COMPOSIÇÕES CIMENTÍCIAS?

Os benefícios da sílica ativa nas propriedades dos materiais cimentícios ocorrem devido à reação pozolânica e ao efeito físico das partículas, denominado de *efeito filler*. A reação pozolânica ocorre devido à interação da sílica ativa amorfa com o hidróxido de cálcio liberado na hidratação dos silicatos bi e tri-cálcio (C_2S e C_3S), produzindo silicato de cálcio hidratado (C-S-H), material mais resistente e estável, que favorece a durabilidade dos compósitos, aumentando a resistência e diminuindo a permeabilidade do sistema devido ao processo de refinamento dos poros. Esta reação pode ser ilustrada a seguir, onde x, y e z representam as quantidades dos reagentes que participam da reação.



Paralelamente, o efeito filler, conforme mostrado na figura 3, reduz a porosidade total formando uma estrutura mais descontínua de poros, devido às partículas microscópicas que se alojam nos interstícios da pasta e na zona de transição, preenchendo os macroporos, os poros capilares e os poros de gel.

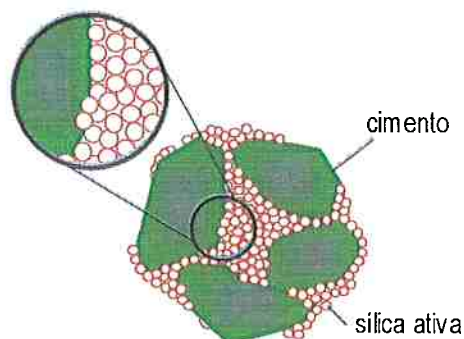


Figura 3. Ilustração do efeito físico filler, onde as partículas de sílica ativa preenchem os vazios entre as partículas de cimento.

Com a redução na quantidade de poros capilares, obtém-se a diminuição da permeabilidade e da velocidade de penetração de agentes agressivos às estruturas de concreto, tornando-as mais resistentes. Para alcançar esses efeitos, a sílica ativa deve se encontrar desaglomerada e dispersa, expondo assim toda a sua superfície reativa, além de possibilitar que suas partículas preencham os espaços vazios no empacotamento.

Comercialmente, essas matérias-primas são encontradas na forma de pó ou em dispersões coloidais. O primeiro tipo, geralmente, é usado na forma densificada, devido ao manuseio, transporte e armazenamento, mas também pode ser encontrada na forma não-densificada. Já no segundo caso há a eliminação do perigo de contato com o pó e maior eficiência na dispersão do aditivo na massa [3][4]. No entanto, as duas formas resultam em pouca diferença nas propriedades do material endurecido, porém podem influenciar nas propriedades do material no estado fluido [5]. Assim, sua escolha deve ser limitada pela disponibilidade no mercado, economia e considerações de serviço.

Uma abordagem realizada por *Sánchez de Rojas, Rivera & Frias* [6], mostra que as SA densificadas apresentam menores atividades pozolânicas que as mesmas matérias-primas não-densificadas, conforme apresentado na figura 4.

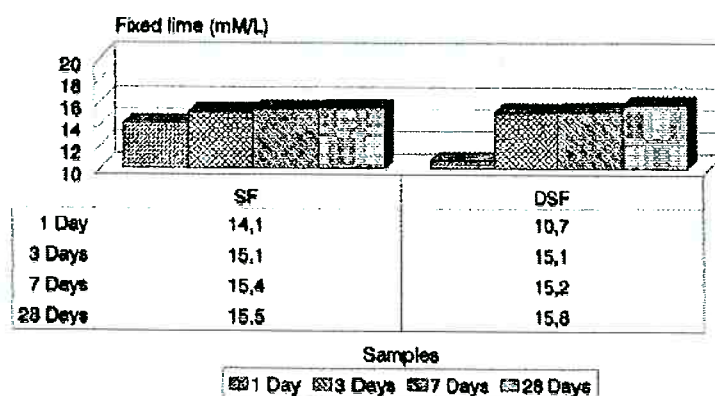


Figura 4. Variação da atividade pozolânica de sílicas ativas densificada (DSF) e não-densificada (SF).

Essa variação ocorre devido à elevada quantidade de aglomerados de partículas, que reduzem a área superficial para ocorrência de reações topoquímicas (figura 5).

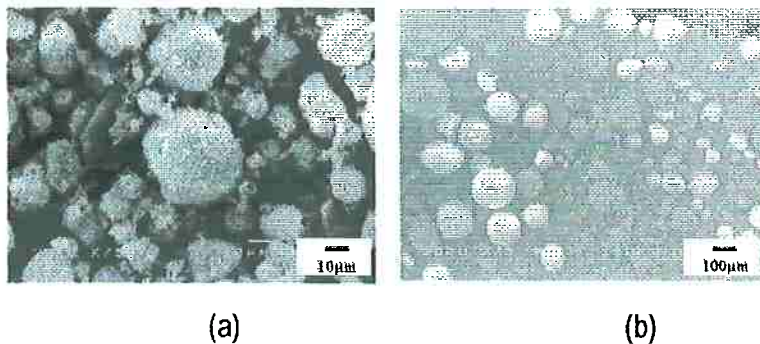


Figura 5. Ilustração das diferenças observadas por *Sánchez de Rojas, Rivera & Frias*, com relação à AS densificada (a) e não-densificada (b).

Na figura 3a é evidenciada a presença de aglomerados com diâmetros entre 10 e 20 μm , enquanto que na figura 3b, os aglomerados são maiores que 100 μm embora sendo formados por partículas menores que 1 μm . Pode-se dizer que essa diferença no estado de aglomeração está relacionado com a maior área superficial da matéria-prima densificada.

Estudos realizados por *Yajun et al.* [7] ilustram que a adição de SA em pastas cimentícias promovem a formação de aglomerados silicosos que alteram a resistência mecânica à compressão diametral. Segundo os autores, a mistura sob baixa energia não é suficiente para romper os aglomerados de SA e, desta forma, a estrutura é gerada de forma descontínua, conforme apresentado na figura 6.

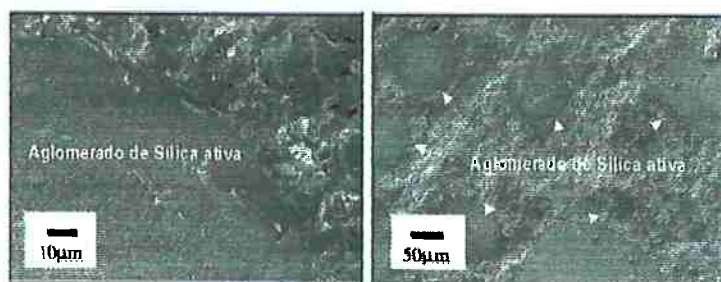


Figura 6. Formação de aglomerados de SA em pastas cimentícias.

Essa descontinuidade na estrutura dificulta a ocorrência de reações pozolânicas e impede o surgimento do efeito filler, conseqüentemente, propriedades como resistência mecânica e permeabilidade não são alteradas.

Outra abordagem foi realizada por *Juenger & Ostertag* [8], em uma avaliação microestrutural e morfológica de aglomerados de SA e comparado com os efeitos gerados na fronteira álcali-silica. Na figura 7, pode-se notar claramente o elevado estado de aglomeração da sílica ativa, onde os autores ilustram a formação de uma borda densa que gera um aglomerado oco na estrutura do material.

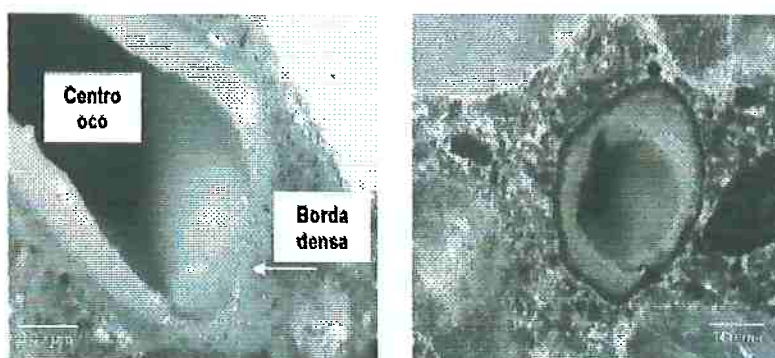


Figura 7. Microscopia ótica da microestrutura de uma argamassa contendo sílica ativa após 39 dias de imersão em NaOH 1N e 80°C.

A baixa eficiência na dispersão de SA pode promover a queda no desempenho dos materiais cimentícios devido à introdução de novos defeitos críticos nesses materiais, como o caso da formação de aglomerados ocos.

Romano et. al. [1] avaliaram o efeito provocado pela alteração da energia de mistura na dispersão de sílica ativa e mostraram que sob alta energia de cisalhamento ocorre um afinamento na distribuição granulométrica de SA e que esse fato altera significativamente a dispersão das partículas em suspensões. A figura 8 apresenta micrografias obtidas em microscópio eletrônico, comparando-se o diâmetro das partículas sob baixa energia de cisalhamento (figura 8a) e dispersão em elevada energia de cisalhamento (figura 8b).

Baixa energia de cisalhamento

Alta energia de cisalhamento

Figura 8. Avaliação da energia de cisalhamento na dispersão de SA

Neste trabalho, mesmo com a maior desaglomeração das partículas promovida pela elevada energia de cisalhamento as partículas ainda apresentam granulometrias maiores que as fornecidas pelos fabricantes. Desta forma, neste trabalho está sendo proposta uma rota para dispersão de SA onde uma suspensão concentrada desse material é processada e a grande frequência de colisões entre as partículas ocasiona maior rompimento dos aglomerados, promovendo afinamento na distribuição granulométrica das partículas e, conseqüentemente, influenciando na dispersão.

2 – OBJETIVO DO TRABALHO

Com base nas informações apresentadas até o momento, o objetivo deste trabalho foi de avaliar os efeitos provocados pelo tempo de mistura na dispersão de sílica ativa a partir da quantificação das características granulométricas e acompanhamento da sedimentação.

3 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este trabalho foi realizado com duas SA comerciais densificadas fornecidas pela Elkem Materials South America, com distintas purezas e propriedades, conforme apresentado na tabela II, anexos e distribuição granulométrica ilustrada na figura 9.

Tabela II. Características das SA utilizadas no estudo.

Tipo	Área superficial (m ² /g)	Densidade (g/cm ³)	Pureza teórica (% SiO ₂)
920D	17,2	2,46 ± 0,04	85
971D	19,5	2,31 ± 0,01	97,5

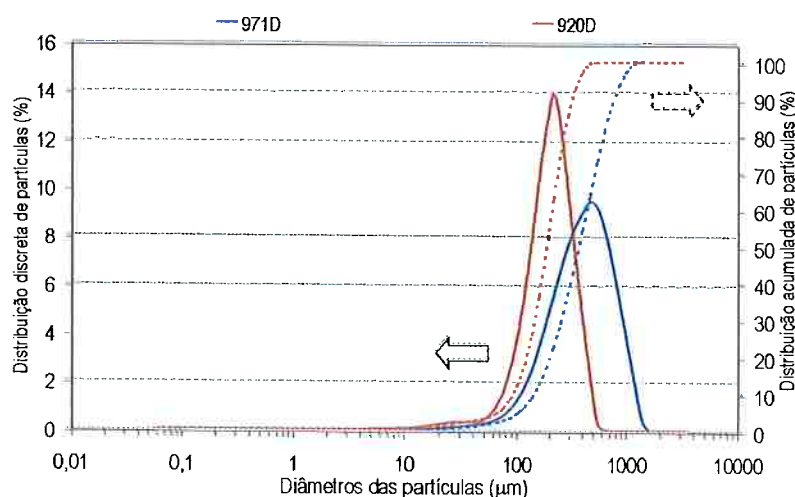


Figura 9. Distribuições granulométricas das SA utilizadas no trabalho, após serem retiradas do saco de matérias-primas

Uma suspensão concentrada (2500g/L) de SA foi processada em uma argamassadeira Hobart (figura 10a), sob velocidade mínima do aparelho, por dois tempos distintos (30 e 45 minutos). Após esses tempos, o material foi diluído com água destilada de modo que a concentração da mistura atingisse 50g/L. A dispersão foi deixada sob agitação em um misturador de bancada (figura 10b) com hélice naval (IKA, Labortechnik RW20), sob rotação de 500 rpm por 5 minutos. Após esse tempo, realizou-se as caracterizações do material a partir da avaliação da distribuição granulométrica e sedimentação. Duas amostras, uma de cada SA, foram processadas em um dispersor de alta energia de cisalhamento – *in line mixer* (IKA – Labortechnik T25 basic), por 5 minutos, sob rotação de 9.500 rpm (Figura 10c) para se avaliar o efeito provocado pela elevada energia de cisalhamento.

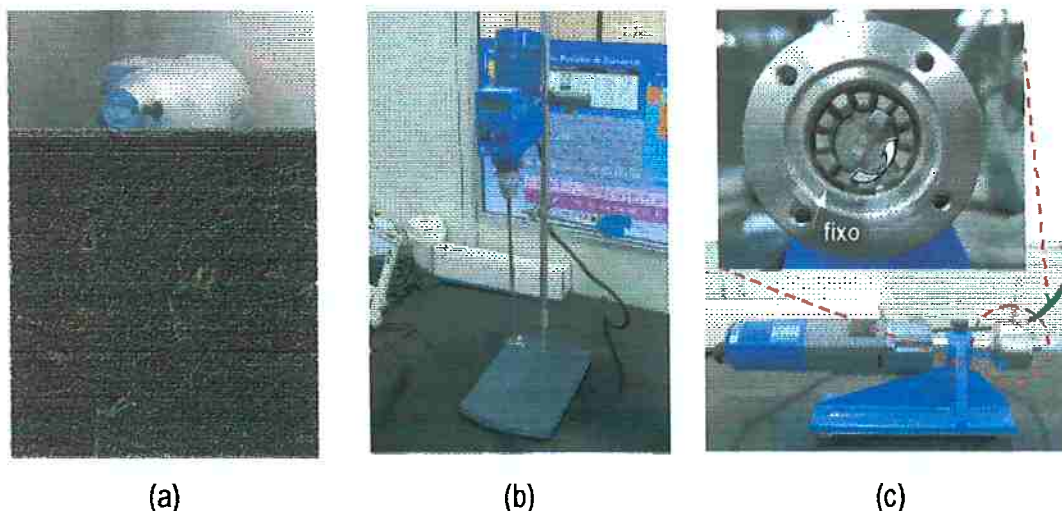


Figura 10. Ilustração dos equipamentos utilizados no processamento da suspensão.

3.1 – MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

As características da dispersão de sílica ativa foram determinadas a partir da avaliação das propriedades granulométricas, sedimentação e cálculo da eficiência na dispersão das partículas.

- Caracterização granulométrica a laser – para realização desse ensaio, alíquotas das suspensões tiveram que ser diluídas à concentração de 1g/L, para que fosse possível a utilização de um granulômetro Laser – Mastersizer S, V. 2.19 – Malvern Instruments Ltd. (faixa de identificação: 50nm – 3500mm). O equipamento utilizado para realização do ensaio está ilustrado na figura 11.

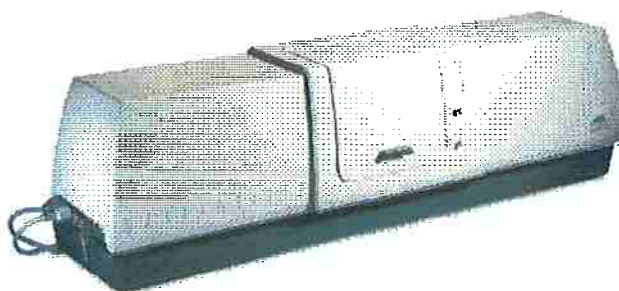


Figura 11. Granulômetro a laser utilizado para determinação das características granulométricas das SA.

- Sedimentação – imediatamente após a mistura, quatro amostras (≈ 10 ml) de cada uma das diferentes suspensões preparadas foram coletadas, sendo deixada em repouso no interior de tubos de ensaios (13,6 mm diâmetro x 100 mm altura) para acompanhamento da sedimentação em função do tempo a partir de análises fotográficas. Foram registradas imagens fotográficas (Canon – Power Shot A80) após 5, 15, 30 e 60 minutos de repouso, conforme ilustrado na figura 12.

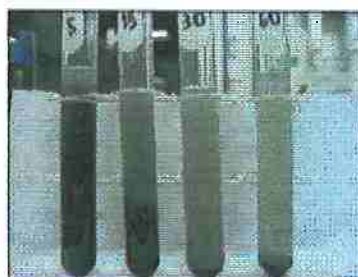


Figura 12. Acompanhamento fotográfico da sedimentação de partículas.

- Eficiência na dispersão – amostras com volume aproximado de 80 mL foram colocadas em repouso por 60 e 90 minutos no interior de um béquer (150mL). Após esse tempo, retirou-se o líquido com o auxílio de uma pipeta até atingir o material sedimentado (figura 13) o qual foi submetido à secagem em estufa à temperatura de 105°C por 24h, garantindo-se a total eliminação de umidade.



Figura 13. Etapas do ensaio de determinação de eficiência da dispersão das microssílicas.

A determinação da quantidade de partículas efetivamente dispersa, definida como eficiência na dispersão, foi calculada a partir das equações A e B a seguir,

$$m_d = m_i - m_f \quad (A)$$

$$e_d = \frac{m_d}{m_i} \times 100\% \quad (B)$$

onde m_d é a massa dispersa; m_i é a massa inicial do sedimentado ainda contendo a água; m_f a massa de partículas sedimentadas após a secagem e e_d é a eficiência na dispersão.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram processados 10 tipos de suspensões, conforme apresentados na tabela III, a seguir:

Tabela III. Suspensões de SA processadas.

Tipo de SA	Tempo de mistura (min)	Dispersante	Dispersor	✓ feito X não feito
920D	30	✓	X	
		X	X	
		X	✓	
	45	✓	X	
		X	X	
		X	X	
971D	30	✓	X	
		X	X	
		X	✓	
	45	✓	X	
		X	X	
		X	X	

Para cada suspensão processada, foram avaliadas as características granulométricas e eficiência na dispersão (sedimentação), comparando-se com o modelo teórico proposto por Stokes.

- Caracterização granulométrica

A figura 14 apresenta as distribuições granulométricas, acumulada e discreta, da SA 920D após serem processadas por 30 minutos em argamassadeira. Temos que lembrar que o ideal para a

utilização da microssilica nos materiais cimentícios é uma granulometria na qual a maior parte das partículas têm um tamanho de $0,1\ \mu\text{m}$.

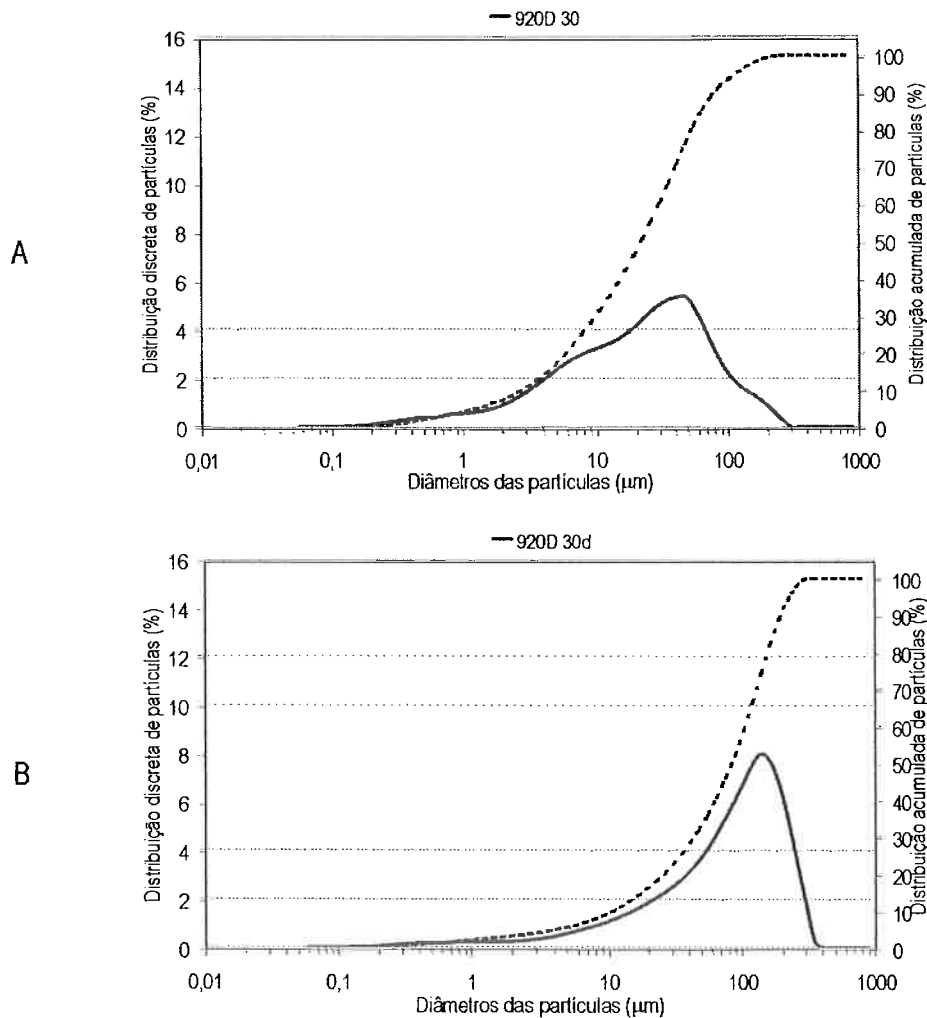


Figura 14. Distribuições granulométricas das SA 920D após 30 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante.

Nota-se que a utilização de dispersante diminui a eficiência de desaglomeração, já que este tipo de aditivo promove a diminuição da viscosidade (a mistura é feita à mesma velocidade com uma viscosidade menor, então a energia de cisalhamento é menor). Assim, para a suspensão de SA processada sem dispersante, 50% das partículas apresentaram diâmetros inferiores à $22\ \mu\text{m}$, enquanto que para o material processado com dispersante o d_{50} foi de cerca de $84\ \mu\text{m}$. Na

seção ANEXOS, são apresentados os relatórios de ensaio fornecidos após as caracterizações granulométricas.

Na figura 15 são apresentadas as características granulométricas obtidas após mistura por 45 minutos na mesma argamassadeira.

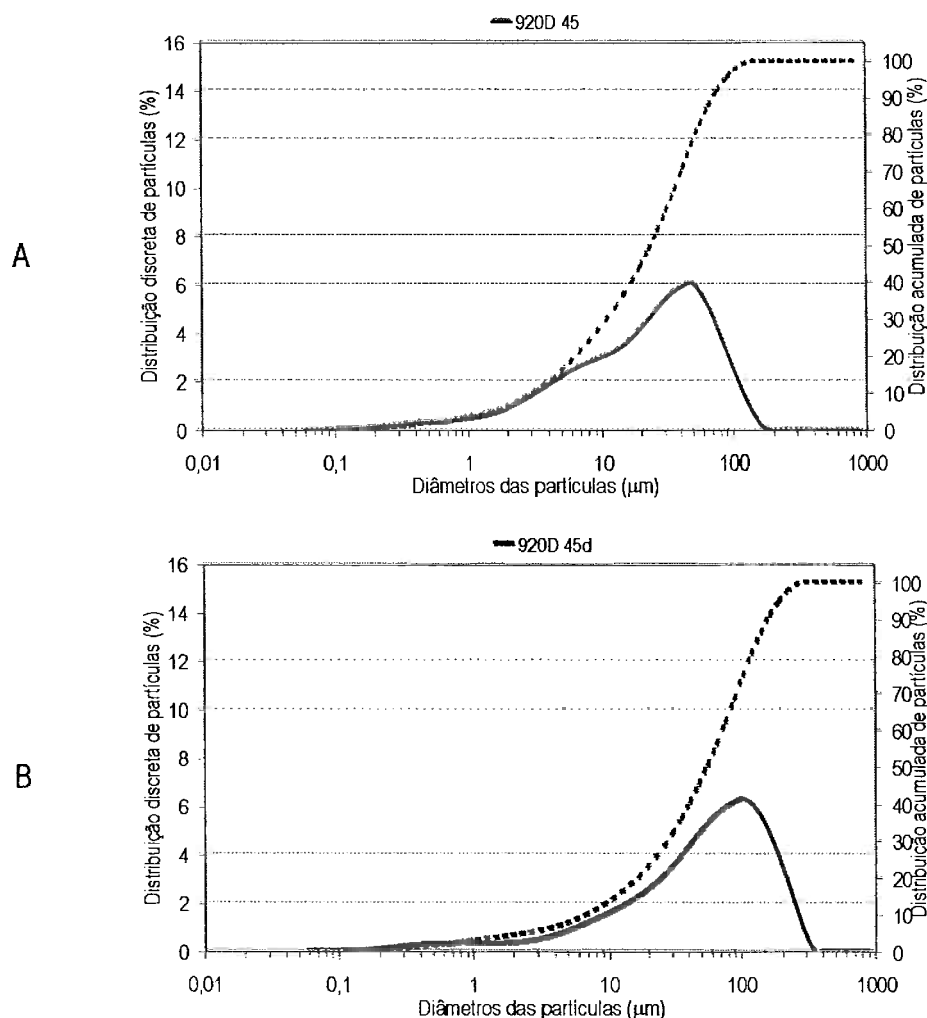


Figura 15. Distribuições granulométricas das SA 920D após 45 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante.

Da mesma forma como foi observado para os materiais misturados por 30 minutos, as suspensões de SA sem dispersante, avaliadas após 45 minutos de mistura, apresentaram menores diâmetros de partículas, sendo que 50% delas são menores que 23 μm enquanto que para o material com dispersante o d_{50} foi de cerca de 55 μm , conforme apresentado na seção ANEXOS.

Cabe salientar que para esse tipo de SA, e forma de dispersão, a quebra dos aglomerados parece ter atingido a máxima eficiência possível nas suspensões processadas sem dispersante, já que o aumento no tempo de mistura não promoveu reduções nos diâmetros das partículas. Por outro lado, nas suspensões contendo dispersante, o tempo de mistura foi determinante para redução do diâmetro dos 'aglomerados', já que após 45 minutos, o d_{50} passou de 84 μm para 55 μm . Talvez, um aumento no tempo de mistura pudesse provocar maior redução nesse diâmetro e atingir níveis semelhantes aos alcançados quando a frequência de colisões foi maior. Outra alternativa seria a utilização de cisalhamento sob alta energia e confinamento. Para tanto, foi utilizado um dispersor – *in line mixer*, sob rotação de 9500 rpm e os resultados podem ser observados na figura 16.

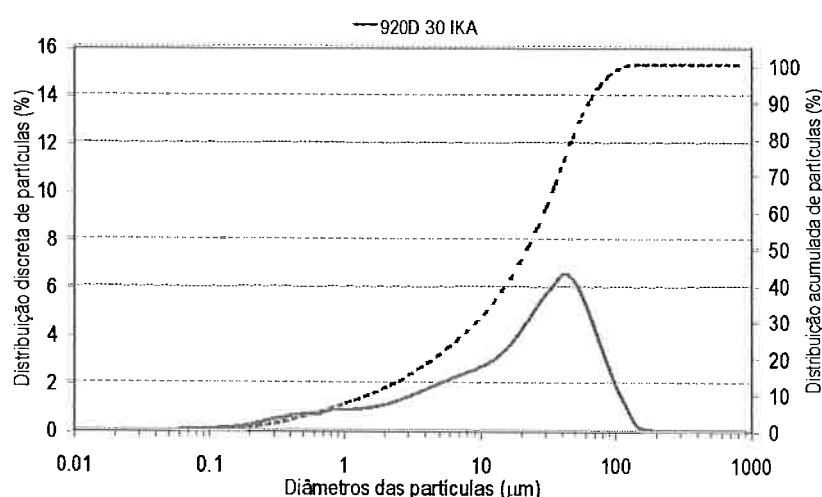


Figura 16. Distribuição granulométrica das SA após 30 minutos de mistura, sem dispersante e 5 minutos de cisalhamento intenso em dispersor de alta energia.

A figura 16 apresenta um resultado muito interessante após a passagem da suspensão de SA em dispersor de alta energia de cisalhamento. Apesar do d_{50} permanecer na mesma faixa granulométrica anteriormente avaliada ($\sim 22 \mu\text{m}$) o diâmetro das maiores partículas, representado pelo d_{90} foi reduzido de cerca de 80 μm (para a SA processada por 30 minutos, sem dispersante) para cerca de 60 μm . Essa informação confirma a teoria de que para esse tipo de mistura e matérias-primas utilizadas, o diâmetro crítico de dispersão (onde dificilmente será possível obter partículas menores em grande concentração) é de 20 μm . Isso se deve ao fato das SA utilizadas são densificadas.

Assim como no caso da SA 920D, para a 971D as mesmas avaliações foram realizadas. A figura 17 ilustra as caracterizações granulométricas para os materiais processados após 30 minutos.

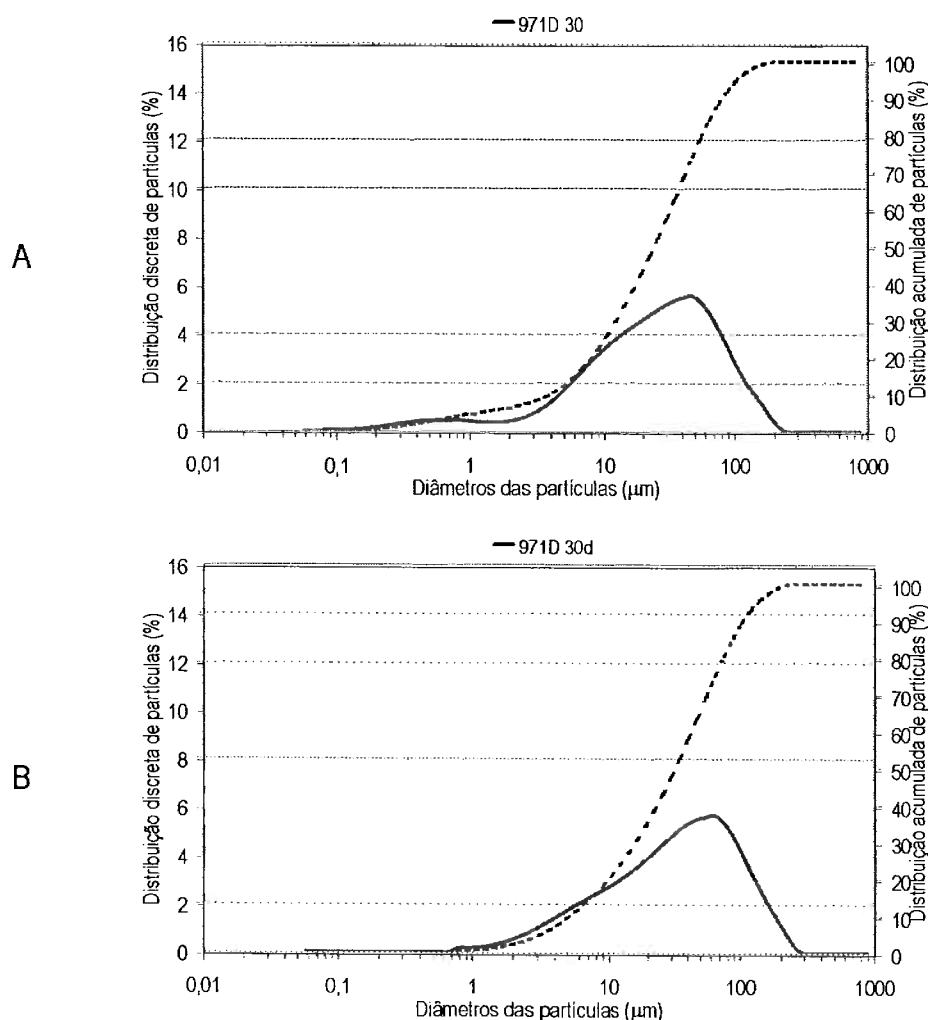


Figura 17. Distribuições granulométricas das SA 971D após 30 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante.

Apesar dessa SA apresentar maior pureza que o material analisado anteriormente, 50% das partículas apresentam diâmetro menor que 24 μm , mesma faixa obtida para o material com maior nível de impureza. Além disso, com a adição de dispersante, o d_{50} das partículas passou a ser de cerca de 32 μm , devido à maior distância de separação das partículas pela atuação do dispersante e, conseqüentemente, menor frequência de colisões.

Da mesma forma, após 45 minutos de mistura, as mesmas tendências não foram observadas para a mistura em 45 minutos sem dispersante, onde 50% das partículas apresentaram diâmetro inferior à 29 μm , conforme ilustrado na figura 18.

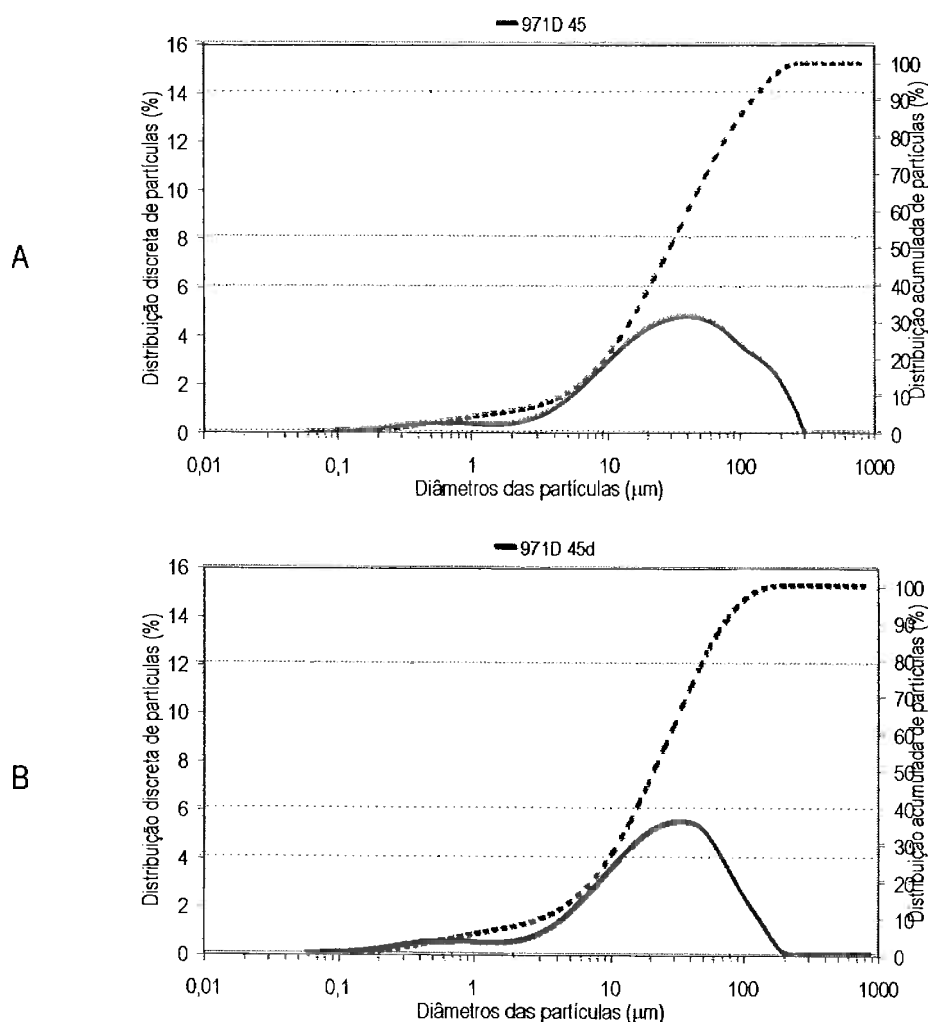


Figura 18. Distribuições granulométricas das SA 971D após 45 minutos de mistura, sem (A) e com (B) dispersante.

Essa variação pode estar relacionada com a demora no tempo de análise, já que no caso desta amostra, o material permaneceu maior tempo em repouso antes de se realizar a medida. Esse fato ilustra que após a dispersão o material pode estar novamente aglomerando, já que o repouso provocou aumento no diâmetro do aglomerado de partículas. Para comprovação da veracidade dessa informação deve-se realizar novamente a mistura e as caracterizações necessárias.

Para o caso da mistura com dispersante, houve grande redução no diâmetro das partículas que chegaram a atingir d_{50} de cerca de 21 μm .

A fim de se reduzir ainda mais a distribuição granulométrica, o material foi submetido à cisalhamento intenso, semelhantemente ao que foi realizado para a SA anterior. A figura 19 ilustra o resultado obtido.

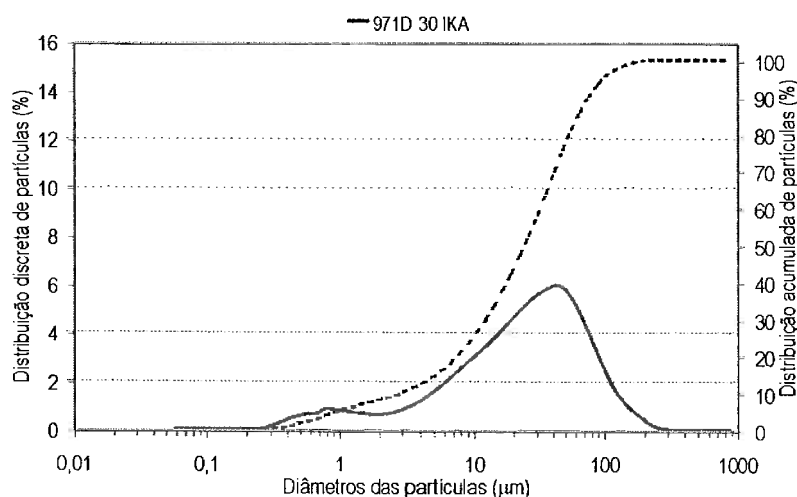


Figura 19. Distribuição granulométrica das SA após 30 minutos de mistura, sem dispersante e 5 minutos de cisalhamento intenso em dispersor de alta energia.

A dispersão sob alta energia de cisalhamento deixou 50% das partículas de SA abaixo de 24 μm , mesma faixa obtida sem a utilização do referido dispersor. No entanto a quantidade dos aglomerados mais grosseiros foi reduzida. Assim, o d_{90} que era de cerca de 81 μm para mistura por 30 minutos sem dispersão em alta energia, passou a ser de cerca de 75 μm após a dispersão. Essa informação revela que pode estar ocorrendo um afinamento da distribuição com a maior energia de cisalhamento mas, que, por outro lado, o diâmetro mínimo atingido por essa forma de mistura é de cerca de 24 μm . Assim, mesmo que o material permanecesse por maior tempo no misturador, o diâmetro mínimo atingido estaria em torno de 20 μm . Essa informação vale também para a SA 920D que apresentou as mesmas tendências observadas para a 971D. Como a variação do diâmetro das partículas interfere diretamente na sedimentação, foram avaliadas as características do material após repouso de 60 e 90 minutos e quantificada a eficiência na dispersão.

- Sedimentação

A figura 20 apresenta algumas fotos tiradas durante a avaliação da sedimentação das dispersões de SA.

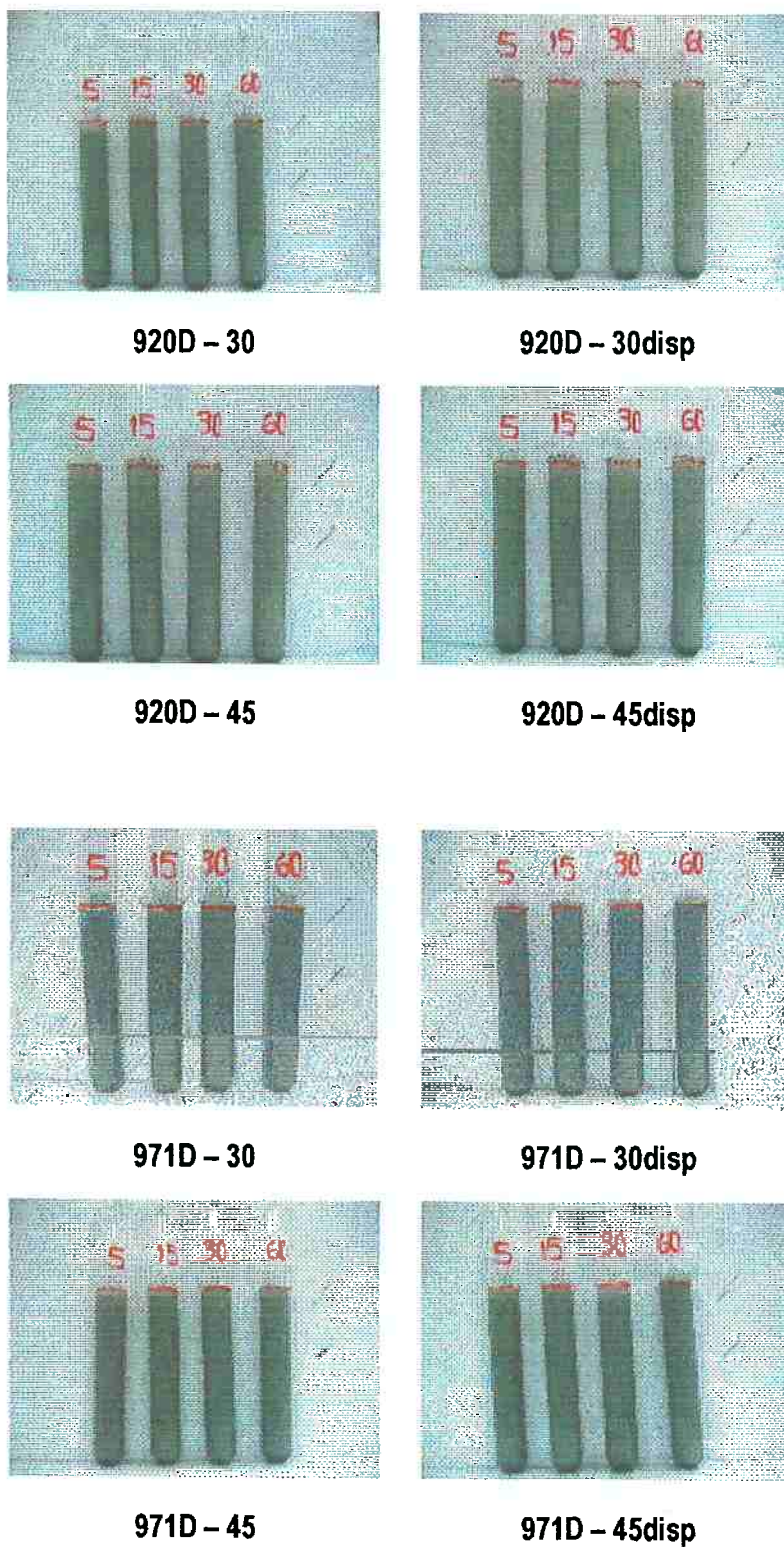


Figura 20. Acompanhamento fotográfico da sedimentação das SA.

Somente com a análise visual, não é possível chegar a uma conclusão já que em todos os sistemas a sedimentação foi muito parecida. Assim, para quantificação da sedimentação e, conseqüente eficiência de dispersão amostras de todos os sistemas foram deixadas em repouso por 60 e 90 minutos e, em seguida, a quantidade de material disperso foi quantificado. A figura 21 apresenta um gráfico com as quantidades de SA dispersa para cada conjunto estudado.

Como era de se espera, após 90 minutos, menor quantidade de partículas permaneceram dispersas já que estavam sob a ação da gravidade.

A SA 971D apresentou maior eficiência na dispersão, já que apresentava maior quantidade de partículas pequenas como se pode ver nas granulometrias. Diferentemente dos casos da 920D, a SA 971D com dispersante apresentou menores quantidades de partículas efetivamente dispersas que suas respectivas amostras sem dispersante. Além disso, a quantidade de partículas dispersas não ultrapassou 90%.

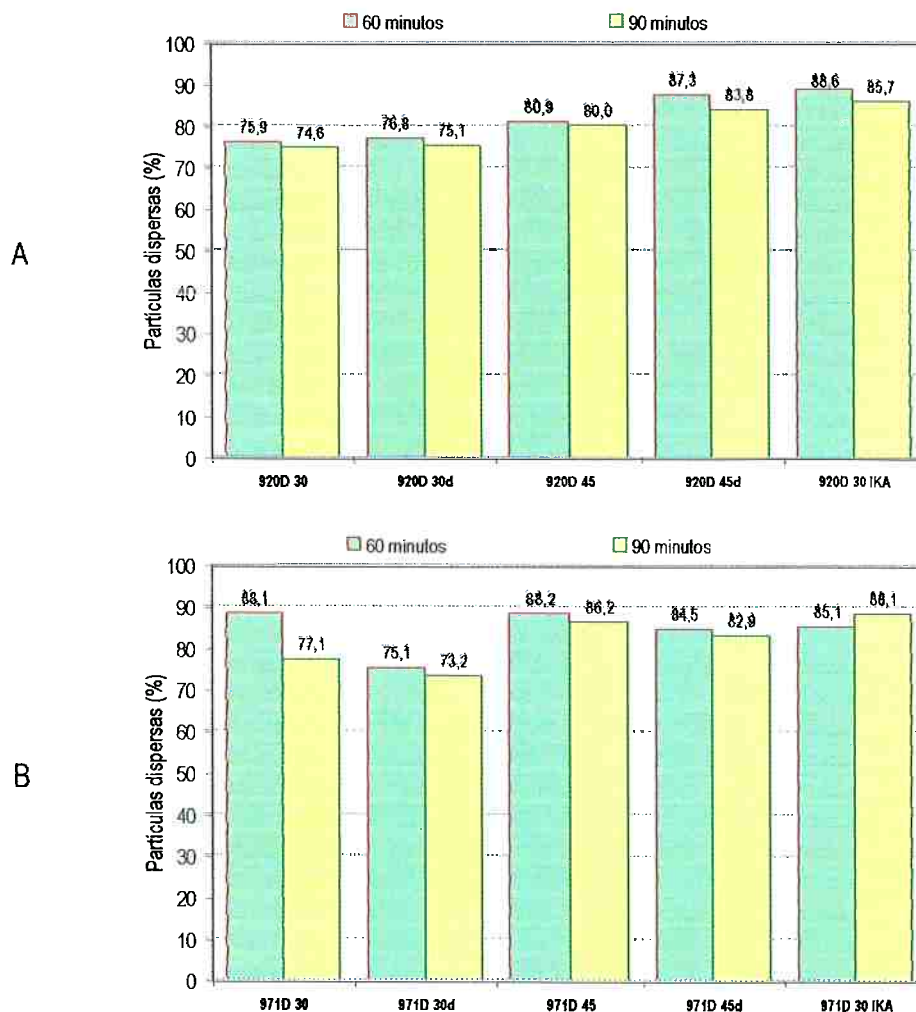


Figura 21. Quantidade de SA efetivamente dispersa após repouso de 60 e 90 minutos.

Podemos comparar a sedimentação das duas silicas com a figura 22. Essa avaliação mostra que em geral para o mesmo procedimento a eficiência de dispersão é maior para a microsilica 971 D que para a 920 D.

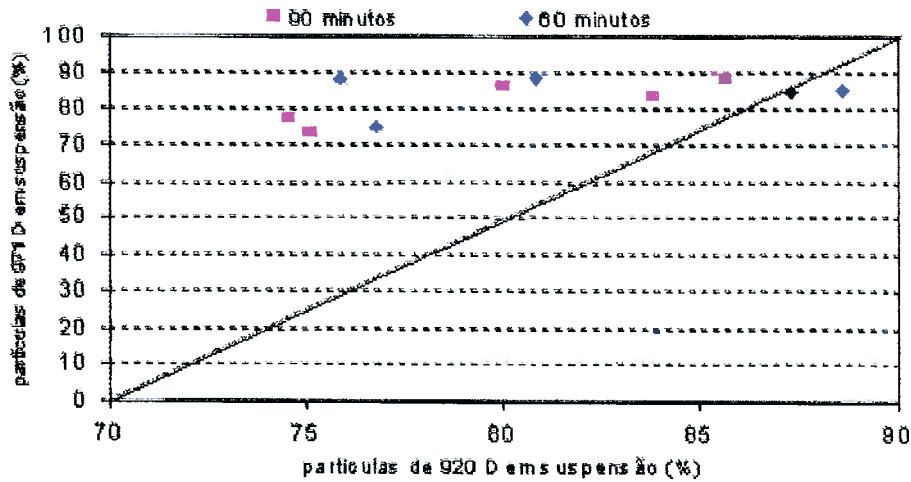


Figura 22. Relação entre as partículas dispersas de 920 D e de 971 D.

Teoricamente, após a dispersão tudo material deveria ser sedimentado (sabemos pela teoria que as partículas de diâmetros maior que $0,1 \mu\text{m}$ e podemos ver nas curvas granulométricas que o diâmetro medio é bem maior). Por explicar a diferença, foi utilizado um modelo proposto por Stokes para comparação entre a teoria e a prática.

Segundo a *lei de Stokes* (equação a), a velocidade de sedimentação de uma partícula imersa em um meio líquido é diretamente proporcional ao quadrado de seu diâmetro e à diferença de sua densidade em relação ao meio líquido, mas é inversamente proporcional à viscosidade do fluido presente no sistema [9].

$$v = \frac{1}{18\eta} d^2 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_f) \quad (a)$$

onde v é a velocidade de sedimentação, d é o diâmetro da partícula, η é a viscosidade do fluido, g é a aceleração da gravidade e ρ_s e ρ_f são, respectivamente, as massas específicas da partícula sólida e do fluido.

Essa lei descreve a ação da força de gravidade no processo de sedimentação de uma partícula. Contudo, partículas pequenas cuja diferença de densidade em relação ao meio líquido não seja muito acentuada, tendem a permanecer em suspensão devido ao movimento Browniano de agitação térmica das moléculas do líquido [9].

Essa diferença de comportamento, que não foi identificada visualmente, encontra explicação na lei de Stokes (equação a), segundo o modelo proposto em sequência:

A - O primeiro passo consiste em utilizar a equação (a) para calcular a distância percorrida pelas partículas com diferentes diâmetros durante a sedimentação no intervalo de 60 e 90 minutos.

B - Em seguida, determina-se o diâmetro da menor partícula capaz de percorrer uma distância equivalente à altura da suspensão no interior do béquer, que nesse estudo foi de 30,5 μm (60 minutos) e 24 μm (90 minutos) para uma distância de 3 cm. Partículas maiores que esses diâmetros críticos efetivo, teoricamente teriam sedimentado completamente nos períodos de espera propostos.

C - Por outro lado, partículas menores que o diâmetro crítico podem permanecer em suspensão durante esse período dependendo de sua distância em relação ao fundo do béquer. Assumindo-se, por hipótese, que as partículas menores que os diâmetros de corte de cada tempo não sedimentam na condição de ensaio, a porcentagem de partículas inferiores a esses diâmetros, determinada nas curvas de distribuições granulométrica anteriormente, podem ser adotadas como o limite máximo de partículas que teoricamente permanecem em suspensão.

A comparação dos limites teóricos calculados com a porcentagem mensurada de partículas que efetivamente permaneceram em suspensão (figura 22), permite observar que as SA processadas por essa rota de processamento apresentaram-se muito mais dispersas que as quantidades previstas teoricamente.

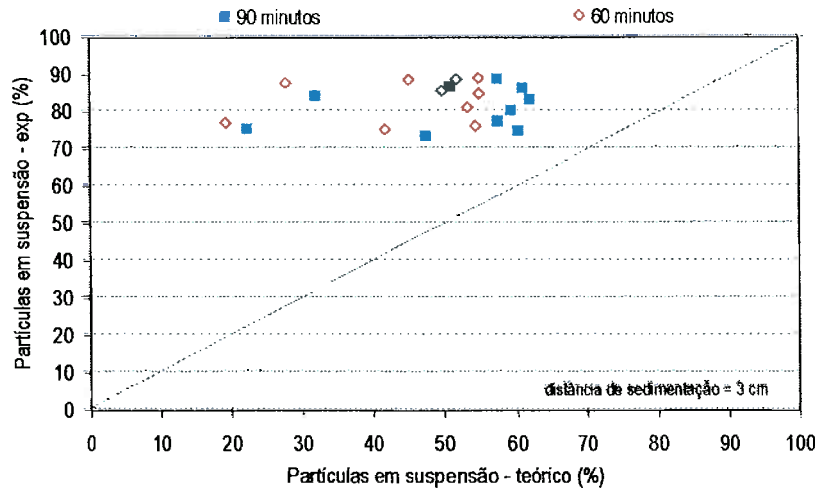


Figura 23. Relação entre as partículas teoricamente dispersas (lei de Stokes) e medida.

Esse tipo de avaliação ilustra que a teoria está funcionando para suspensões onde não existe interferência das partículas e a sedimentação está atrelada somente à gravidade e viscosidade do fluido. Nestes casos, partículas maiores apresentam tempos de sedimentação menores devido à suas maiores massas. No entanto, quando ocorrem interferências de outras partículas (figura 23) a sedimentação das partículas com maiores diâmetros é dificultada e essas permanecem por mais tempo dispersas. Por isso, a quantidade de partículas dispersas é maior que a teoricamente prevista.

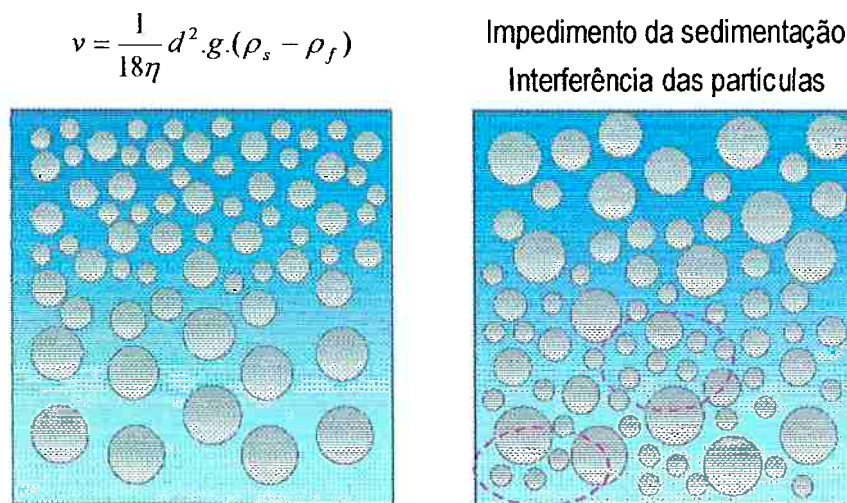


Figura 24. Sedimentação de partículas. Em (a) sedimentação pela ação da gravidade (teórico) e em (b), interferência das menores partículas.

5 – CONCLUSÕES

→ O cisalhamento de uma suspensão com elevado teor de sólidos promoveu maior frequência de colisões entre as partículas e, conseqüentemente, aumentou a eficiência no rompimento dos aglomerados de SA, reduzindo seus diâmetros.

→ Apesar de se ter conseguido uma dispersão elevada, a distribuição granulométrica das partículas de sílica ativa ainda está acima das exigidas para utilização em materiais cimentícios para melhorar seus desempenhos.

→ A utilização do ensaio de sedimentação em associação com o modelo baseado na lei de Stokes mostrou-se uma ferramenta simples e capaz de avaliar a eficiência de dispersão das SA, sendo, portanto um método indicado para utilização em ambientes industriais.

6 – REFERÊNCIAS

- [1] Romano, R. C. O., Mendes, T. M., John, V. M., Pileggi, R.G. Influência da condição de mistura na dispersão de sílica ativa, In. Anais do XVII CBECIMat, de 15 à 19 de novembro de 2006, Foz do Iguaçu – PR.
- [2] Velasco, R. V. Concreto de Alto Desempenho Reforçado com Fibras de Polipropileno e Sisal Submetido a Altas Temperaturas, Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 132p. 2002.
- [3] Aitchin, P. C. Concreto de alto desempenho. 1ª ed., São Paulo, PINI, 2000.
- [4] Lima, R. M. F., da Luz, J. A. M., Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional – Lei de Stokes. Revista Escola de Minas v. 54, n. 2, p. 155–159, 2001.
- [5] Anjos, M. A. S.; Ghavami, K; Barbosa, N. P. Compósitos à base de cimento reforçado com polpa celulósica de bambu - Parte II - Uso de resíduos cerâmicos na matriz. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p. 346-349, 2003.
- [6] Sanches de Rojas, M. I., Rivera, J., Frias, M. Influence of the microsilica state on pozzolanic reaction rate. Cement and Concrete Research, v. 29, p. 945–949, 1999.
- [7] Yajun, J., Cahyadi, J. H. Effects of densified silica fume on microstructure and compressive strength of blended cement pastes. Cement and Concrete Research, v. 33, p. 1543–1548, 2003.
- [8] Juenger, M. C. G., Ostertag, C. P. Alkal-silica reactivity of large silica fume-derived particles. Cement and Concrete Research, v. 34, p. 1389–1402, 2004
- [9] Mendonça, N. A., Oliveira, M. M. Apostila de Hidrologia urbana e drenagem, Universidade Federal de Minas Gerais – Programa de Pós-Graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, 2005, 10p. Belo Horizonte

ANEXOS

RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra

Histórico: Certificado: 1447/06
Arquivo: 1447
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\
Notas: AMOSTRA: 920D
CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN
Meio de Dispersão: ar

Run Number: 18
Record Number: 41

Medida:
Análise: 11 Oct 2006 15:50PM
Fonte de Resultados: Média

Detalhes do Sistema

Range Lens: 1000 mm
Presentation: 3QHD
Analysis Model: Polydisperse
Modifications: None

Beam Length: 2.40 mm
[Particle R.I. = (1.7290, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Sampler:
Obscuration: 8.5 %
Residual: 0.672 %

Resultados Estatísticos

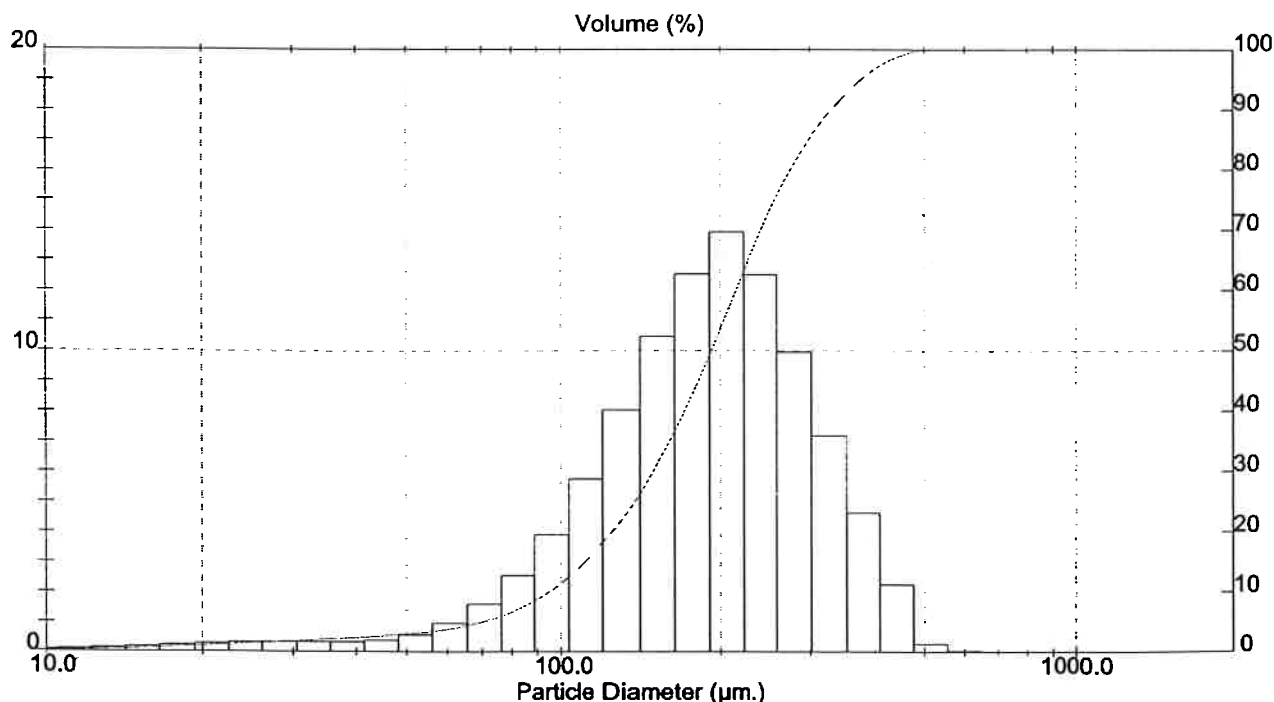
Tipo de Distribuição: Volume
Diâmetros Médios:
D [4, 3] = 202.47 μ m

Concentração= 0.1676 %Vol
D (v, 0.1) = 94.63 μ m
D [3, 2] = 138.90 μ m

Densidade= 5.676 g / cub. cm
D (v, 0.5) = 192.37 μ m
Span = 1.217E+00

Área Superf. Espec.= 0.0076 sq. m / g
D (v, 0.9) = 328.73 μ m
Uniformidade = 3.774E-01

Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%
4.19	0.03	4.88	0.03	120.67	8.02	140.58	26.26
4.88	0.04	5.69	0.07	140.58	10.46	163.77	36.72
5.69	0.04	6.63	0.11	163.77	12.54	190.80	49.26
6.63	0.05	7.72	0.16	190.80	13.93	222.28	63.19
7.72	0.06	9.00	0.21	222.28	12.51	258.95	75.70
9.00	0.07	10.48	0.28	258.95	9.94	301.68	85.64
10.48	0.10	12.21	0.38	301.68	7.17	351.46	92.82
12.21	0.14	14.22	0.52	351.46	4.62	409.45	97.44
14.22	0.18	16.57	0.70	409.45	2.25	477.01	99.69
16.57	0.23	19.31	0.93	477.01	0.28	555.71	99.97
19.31	0.28	22.49	1.21	555.71	0.03	647.41	100.00
22.49	0.32	26.20	1.53	647.41	0.00	754.23	100.00
26.20	0.34	30.53	1.87	754.23	0.00	878.67	100.00
30.53	0.33	35.56	2.20	878.67	0.00	1023.66	100.00
35.56	0.33	41.43	2.53	1023.66	0.00	1192.56	100.00
41.43	0.38	48.27	2.91	1192.56	0.00	1389.33	100.00
48.27	0.58	56.23	3.49	1389.33	0.00	1618.57	100.00
56.23	0.96	65.51	4.45	1618.57	0.00	1885.64	100.00
65.51	1.60	76.32	6.05	1885.64	0.00	2196.77	100.00
76.32	2.54	88.91	8.59	2196.77	0.00	2559.23	100.00
88.91	3.90	103.58	12.49	2559.23	0.00	2981.51	100.00
103.58	5.74	120.67	18.23	2981.51	0.00	3473.45	100.00



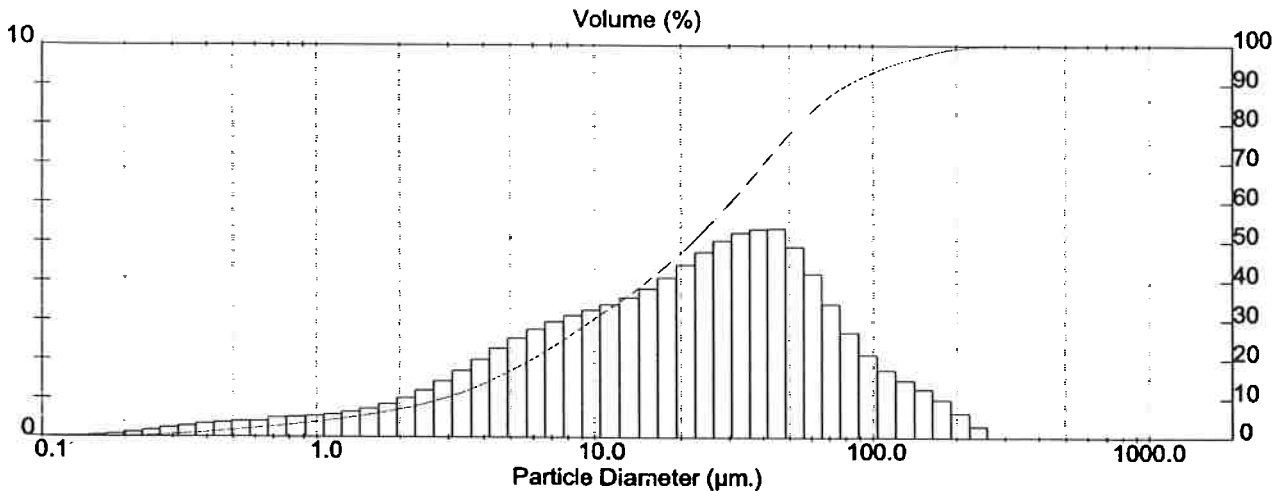
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1428/06	Run Number: 18	Medida:
Arquivo: 1428	Record Number: 72	Análise: 9 Oct 2006 09:19PM
Sample Path: C:\SIZERMP\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: Amostra: 920D 30M		
Cliente: Vanderley Moacyr John		
Meio de dispersão: água deionizada	Dispersante: calgon	
Veloc. da bomba: 70%		

Detalhes do Sistema		
Sampler:		Measured Beam Obscuration: 18.7 %
Presentation: 5TFD	[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse		Residual: 1.159 %
Modifications: None		

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração = 0.0140 %Vol	Densidade = 2.650 g / cm3	Área Superf. Espec. = 0.4234 m2 / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 2.88 µm	D (v, 0.5) = 22.02 µm	D (v, 0.9) = 81.30 µm
D [4, 3] = 34.59 µm	D [3, 2] = 5.35 µm	Span = 3.561E+00	Uniformidade = 1.167E+00

Diam. Inferior (µm)	No Intervalo %	Diam. Superior (µm)	Acum. Abaixo%	Diam. Inferior (µm)	No Intervalo %	Diam. Superior (µm)	Acum. Abaixo%
0.05	0.00	0.06	0.00	5.69	2.77	6.63	22.00
0.06	0.00	0.07	0.00	6.63	2.96	7.72	24.96
0.07	0.00	0.08	0.00	7.72	3.12	9.00	28.08
0.08	0.00	0.09	0.00	9.00	3.25	10.48	31.33
0.09	0.01	0.11	0.01	10.48	3.40	12.21	34.73
0.11	0.02	0.13	0.02	12.21	3.58	14.22	38.31
0.13	0.03	0.15	0.05	14.22	3.81	16.57	42.12
0.15	0.05	0.17	0.11	16.57	4.09	19.31	46.21
0.17	0.09	0.20	0.19	19.31	4.42	22.49	50.63
0.20	0.13	0.23	0.32	22.49	4.75	26.20	55.38
0.23	0.18	0.27	0.51	26.20	5.04	30.53	60.42
0.27	0.24	0.31	0.75	30.53	5.23	35.56	65.65
0.31	0.29	0.36	1.04	35.56	5.39	41.43	70.96
0.36	0.35	0.42	1.39	41.43	5.34	48.27	76.33
0.42	0.38	0.49	1.77	48.27	4.87	56.23	81.20
0.49	0.41	0.58	2.18	56.23	4.19	65.51	85.39
0.58	0.41	0.67	2.59	65.51	3.41	76.32	88.81
0.67	0.51	0.78	3.09	76.32	2.69	88.91	91.50
0.78	0.53	0.91	3.62	88.91	2.13	103.58	93.62
0.91	0.55	1.06	4.17	103.58	1.74	120.67	95.36
1.06	0.59	1.24	4.76	120.67	1.48	140.58	96.84
1.24	0.65	1.44	5.42	140.58	1.25	163.77	98.09
1.44	0.74	1.68	6.16	163.77	0.98	190.80	99.07
1.68	0.86	1.95	7.01	190.80	0.64	222.28	99.70
1.95	1.01	2.28	8.02	222.28	0.30	258.95	100.00
2.28	1.21	2.65	9.23	258.95	0.00	301.68	100.00
2.65	1.45	3.09	10.68	301.68	0.00	351.46	100.00
3.09	1.71	3.60	12.39	351.46	0.00	409.45	100.00
3.60	2.00	4.19	14.39	409.45	0.00	477.01	100.00
4.19	2.28	4.88	16.68	477.01	0.00	555.71	100.00
4.88	2.55	5.69	19.23				



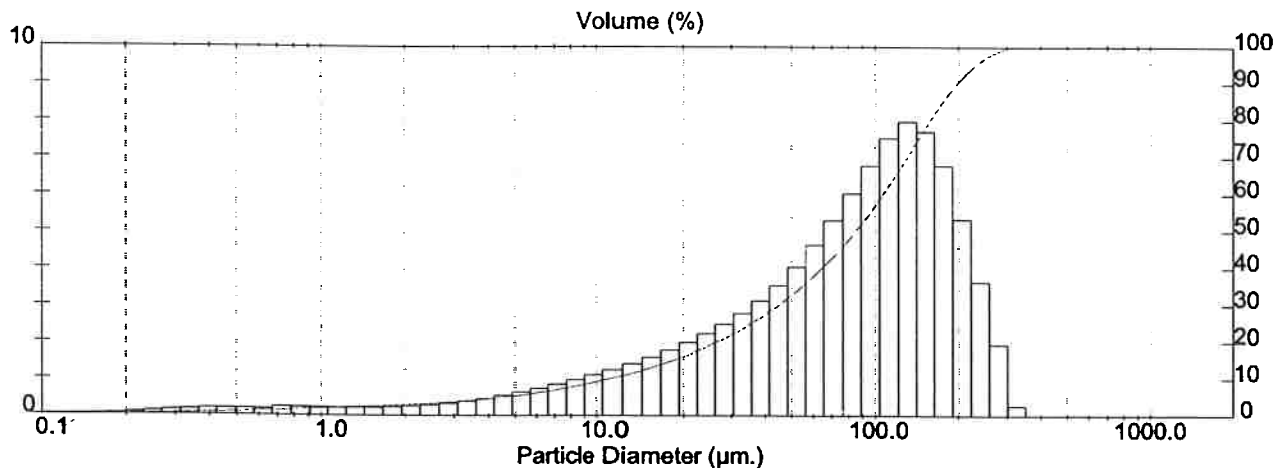
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1466/06	Run Number: 15	Medida:
Arquivo: 1466	Record Number: 22	Análise: 20 Oct 2006 08:50PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: AMOSTRA: 920D 30M com Dispers.		
CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN		
Meio de Dispersão: água deionizada Dispersante: calgon		
Veloc. bomba: 70%		

Detalhes do Sistema			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler:	Obscuration: 18.2 %
Presentation: 3TFD	[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.538 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração= 0.0244 %Vol	Densidade= 2.650 g / cub. cm	Área Superf.Espec.= 0.1965 sq. m / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 10.89 um	D (v, 0.5) = 84.62 um	D (v, 0.9) = 196.72 um
D [4, 3] = 95.41 um	D [3, 2] = 11.52 um	Span = 2.196E+00	Uniformidade = 6.868E-01

Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	0.87	7.72	7.60
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	0.99	9.00	8.58
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	1.12	10.48	9.70
0.08	0.00	0.09	0.01	10.48	1.26	12.21	10.96
0.09	0.01	0.11	0.02	12.21	1.42	14.22	12.38
0.11	0.01	0.13	0.03	14.22	1.60	16.57	13.98
0.13	0.02	0.15	0.05	16.57	1.79	19.31	15.77
0.15	0.03	0.17	0.08	19.31	2.01	22.49	17.78
0.17	0.05	0.20	0.13	22.49	2.24	26.20	20.02
0.20	0.08	0.23	0.21	26.20	2.50	30.53	22.52
0.23	0.11	0.27	0.32	30.53	2.79	35.56	25.31
0.27	0.14	0.31	0.47	35.56	3.13	41.43	28.45
0.31	0.16	0.36	0.63	41.43	3.55	48.27	32.00
0.36	0.19	0.42	0.82	48.27	4.05	56.23	36.05
0.42	0.19	0.49	1.01	56.23	4.64	65.51	40.69
0.49	0.19	0.58	1.20	65.51	5.31	76.32	46.00
0.58	0.18	0.67	1.38	76.32	6.03	88.91	52.03
0.67	0.24	0.78	1.62	88.91	6.78	103.58	58.81
0.78	0.23	0.91	1.86	103.58	7.52	120.67	66.34
0.91	0.23	1.06	2.08	120.67	7.98	140.58	74.32
1.06	0.22	1.24	2.30	140.58	7.71	163.77	82.02
1.24	0.22	1.44	2.53	163.77	6.78	190.80	88.81
1.44	0.23	1.68	2.75	190.80	5.33	222.28	94.14
1.68	0.24	1.95	2.99	222.28	3.64	258.95	97.78
1.95	0.26	2.28	3.26	258.95	1.94	301.68	99.72
2.28	0.30	2.65	3.55	301.68	0.28	351.46	100.00
2.65	0.34	3.09	3.89	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.40	3.60	4.30	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	0.47	4.19	4.77	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	0.56	4.88	5.33	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	0.65	5.69	5.98	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	0.75	6.63	6.73	754.23	0.00	878.67	100.00



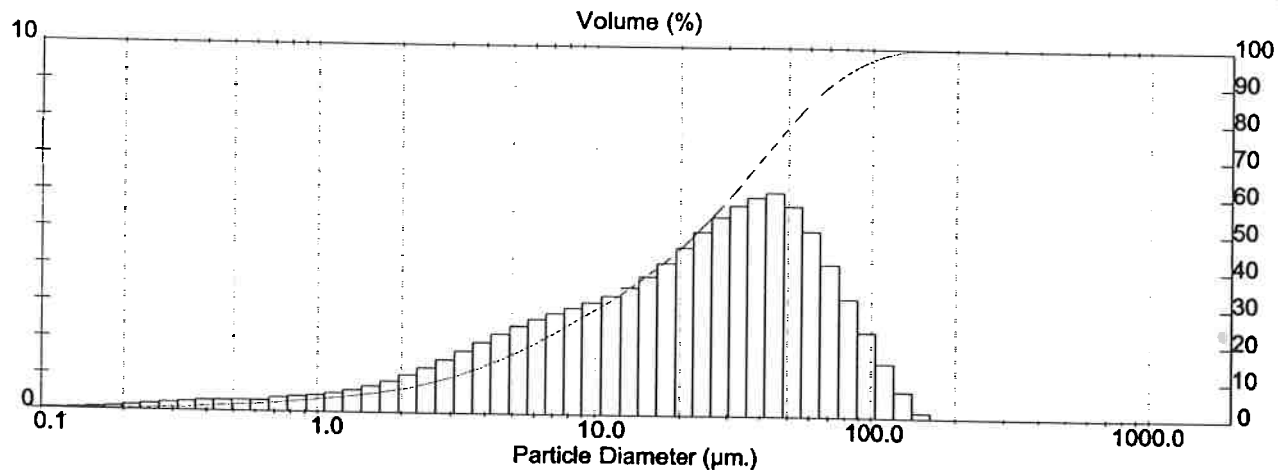
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1448/06	Run Number: 16	Medida:
Arquivo: 1448	Record Number: 42	Análise: 11 Oct 2006 16:18PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: AMOSTRA: 920D 45M		
CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN		
Meio de Dispersão: água deionizada	Dispersante: calgon	
Veloc. bomba: 70%		

Detalhes do Sistema		
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler:
Presentation: 3TFD	[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]	Obscuration: 16.2 %
Analysis Model: Polydisperse		Residual: 1.252 %
Modifications: None		

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração= 0.0106 %Vol	Densidade= 5.676 g / cub. cm	Área Superf. Espec.= 0.2018 sq. m / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 3.03 um	D (v, 0.5) = 23.20 um	D (v, 0.9) = 70.38 um
D [4, 3] = 30.85 um	D [3, 2] = 5.24 um	Span = 2.903E+00	Uniformidade = 9.206E-01

Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	2.76	7.72	23.79
0.06	0.01	0.07	0.01	7.72	2.91	9.00	26.70
0.07	0.01	0.08	0.03	9.00	3.06	10.48	29.76
0.08	0.02	0.09	0.05	10.48	3.25	12.21	33.01
0.09	0.03	0.11	0.08	12.21	3.48	14.22	36.49
0.11	0.04	0.13	0.12	14.22	3.79	16.57	40.28
0.13	0.06	0.15	0.18	16.57	4.16	19.31	44.43
0.15	0.08	0.17	0.25	19.31	4.58	22.49	49.01
0.17	0.11	0.20	0.36	22.49	5.01	26.20	54.02
0.20	0.14	0.23	0.50	26.20	5.41	30.53	59.44
0.23	0.19	0.27	0.69	30.53	5.73	35.56	65.16
0.27	0.23	0.31	0.92	35.56	5.95	41.43	71.11
0.31	0.25	0.36	1.17	41.43	6.08	48.27	77.19
0.36	0.30	0.42	1.47	48.27	5.71	56.23	82.90
0.42	0.30	0.49	1.77	56.23	5.04	65.51	87.94
0.49	0.32	0.58	2.09	65.51	4.15	76.32	92.08
0.58	0.31	0.67	2.40	76.32	3.22	88.91	95.31
0.67	0.40	0.78	2.80	88.91	2.32	103.58	97.63
0.78	0.43	0.91	3.23	103.58	1.48	120.67	99.11
0.91	0.47	1.06	3.70	120.67	0.73	140.58	99.83
1.06	0.53	1.24	4.23	140.58	0.16	163.77	100.00
1.24	0.62	1.44	4.84	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.73	1.68	5.57	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	0.87	1.95	6.44	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	1.04	2.28	7.48	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	1.24	2.65	8.72	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	1.47	3.09	10.19	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	1.71	3.60	11.90	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	1.95	4.19	13.85	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	2.19	4.88	16.03	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	2.40	5.69	18.44	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	2.59	6.63	21.03	754.23	0.00	878.67	100.00



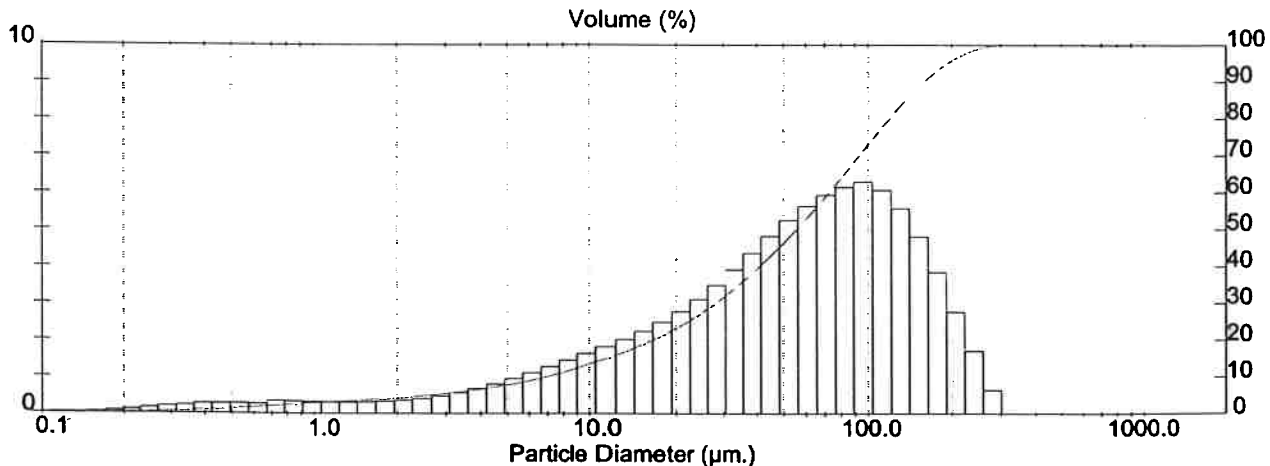
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1465/06	Run Number: 15	Medida:
Arquivo: 1465	Record Number: 22	Análise: 20 Oct 2006 08:44PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: AMOSTRA: 920D 45M com Dispers.		
CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN		
Meio de Dispersão: água deionizada	Dispersante: calgon	
Veloc. bomba: 70%		

Detalhes do Sistema		
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler:
Presentation: 3TFD	[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100);	Dispersant R.I. = 1.3300]
Analysis Model: Polydisperse		Obscuration: 16.5 %
Modifications: None		Residual: 0.659 %

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração= 0.0153 %Vol	Densidade= 2.650 g / cub. cm	Área Superf.Espec.= 0.2779 sq. m / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 6.84 um	D (v, 0.5) = 55.38 um	D (v, 0.9) = 158.22 um
D [4, 3] = 70.62 um	D [3, 2] = 8.15 um	Span = 2.734E+00	Uniformidade = 8.488E-01

Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	1.28	7.72	11.03
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	1.46	9.00	12.49
0.07	0.00	0.08	0.01	9.00	1.64	10.48	14.13
0.08	0.01	0.09	0.01	10.48	1.83	12.21	15.96
0.09	0.01	0.11	0.03	12.21	2.03	14.22	17.99
0.11	0.02	0.13	0.05	14.22	2.25	16.57	20.24
0.13	0.03	0.15	0.08	16.57	2.50	19.31	22.74
0.15	0.05	0.17	0.13	19.31	2.79	22.49	25.53
0.17	0.08	0.20	0.20	22.49	3.12	26.20	28.65
0.20	0.11	0.23	0.32	26.20	3.50	30.53	32.16
0.23	0.16	0.27	0.47	30.53	3.92	35.56	36.08
0.27	0.21	0.31	0.68	35.56	4.37	41.43	40.45
0.31	0.23	0.36	0.91	41.43	4.83	48.27	45.28
0.36	0.28	0.42	1.19	48.27	5.26	56.23	50.54
0.42	0.28	0.49	1.47	56.23	5.64	65.51	56.18
0.49	0.29	0.58	1.76	65.51	5.94	76.32	62.12
0.58	0.27	0.67	2.03	76.32	6.15	88.91	68.27
0.67	0.35	0.78	2.38	88.91	6.29	103.58	74.56
0.78	0.34	0.91	2.72	103.58	6.07	120.67	80.63
0.91	0.33	1.06	3.05	120.67	5.57	140.58	86.20
1.06	0.32	1.24	3.37	140.58	4.81	163.77	91.01
1.24	0.32	1.44	3.69	163.77	3.84	190.80	94.85
1.44	0.32	1.68	4.01	190.80	2.78	222.28	97.63
1.68	0.34	1.95	4.35	222.28	1.72	258.95	99.35
1.95	0.37	2.28	4.72	258.95	0.65	301.68	100.00
2.28	0.41	2.65	5.13	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.48	3.09	5.61	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	0.57	3.60	6.18	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	0.68	4.19	6.86	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	0.81	4.88	7.67	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	0.96	5.69	8.63	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	1.12	6.63	9.74	754.23	0.00	878.67	100.00



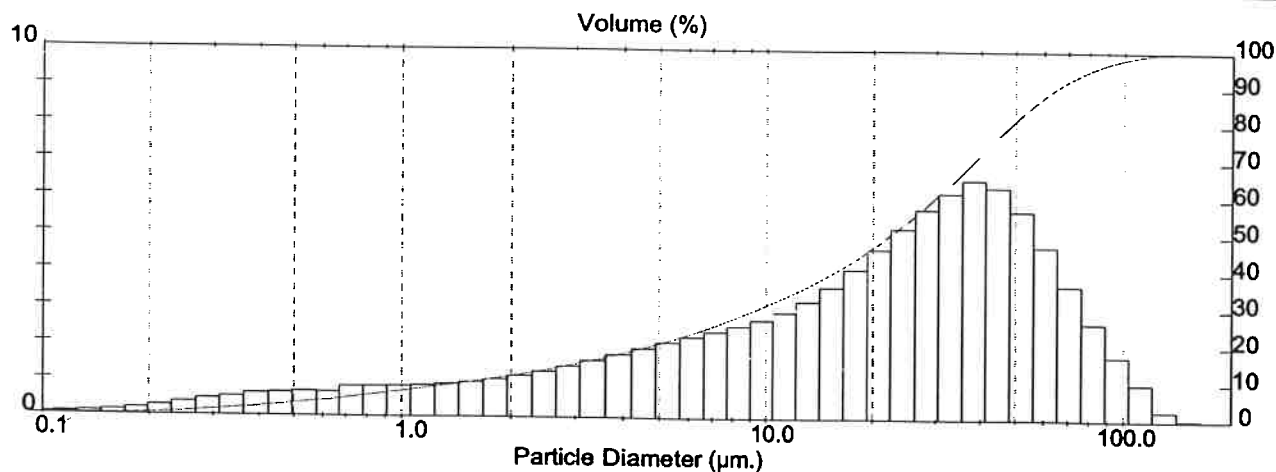
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1569/06	Run Number: 16	Medida:
Arquivo: 1569	Record Number: 33	Análise: 10 Nov 2006 12:48PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: AMOSTRA: 920D 30M V2		
CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN		
Meio de Dispersão: água deionizada	Dispersante: calgon	
Veloc. bomba: 70%		

Detalhes do Sistema		
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler:
Presentation: 3TFD	[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100);	Obscuration: 17.2 %
Analysis Model: Polydisperse	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.975 %
Modifications: None		

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração= 0.0082 %Vol	Densidade= 2.650 g / cub. cm	Área Superf. Espec.= 0.6477 sq. m / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 1.64 µm	D (v, 0.5) = 22.24 µm	D (v, 0.9) = 64.06 µm
D [4, 3] = 28.30 µm	D [3, 2] = 3.50 µm	Span = 2.807E+00	Uniformidade = 8.959E-01

Diâm.Inferior (µm)	No Intervalo %	Diâm.Superior (µm)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (µm)	No Intervalo %	Diâm.Superior (µm)	Acum.Abaixo%
0.05	0.01	0.06	0.01	6.63	2.37	7.72	26.79
0.06	0.01	0.07	0.02	7.72	2.51	9.00	29.30
0.07	0.02	0.08	0.04	9.00	2.68	10.48	31.98
0.08	0.03	0.09	0.07	10.48	2.90	12.21	34.89
0.09	0.05	0.11	0.12	12.21	3.20	14.22	38.08
0.11	0.07	0.13	0.19	14.22	3.59	16.57	41.67
0.13	0.10	0.15	0.28	16.57	4.07	19.31	45.74
0.15	0.14	0.17	0.43	19.31	4.62	22.49	50.36
0.17	0.20	0.20	0.63	22.49	5.18	26.20	55.55
0.20	0.28	0.23	0.90	26.20	5.71	30.53	61.25
0.23	0.37	0.27	1.28	30.53	6.16	35.56	67.41
0.27	0.47	0.31	1.74	35.56	6.51	41.43	73.92
0.31	0.53	0.36	2.27	41.43	6.32	48.27	80.24
0.36	0.62	0.42	2.90	48.27	5.68	56.23	85.92
0.42	0.65	0.49	3.55	56.23	4.71	65.51	90.63
0.49	0.68	0.58	4.23	65.51	3.66	76.32	94.29
0.58	0.67	0.67	4.90	76.32	2.64	88.91	96.93
0.67	0.83	0.78	5.72	88.91	1.75	103.58	98.68
0.78	0.83	0.91	6.56	103.58	1.01	120.67	99.68
0.91	0.84	1.06	7.40	120.67	0.27	140.58	99.96
1.06	0.86	1.24	8.27	140.58	0.04	163.77	100.00
1.24	0.91	1.44	9.17	163.77	0.00	190.80	100.00
1.44	0.96	1.68	10.13	190.80	0.00	222.28	100.00
1.68	1.03	1.95	11.16	222.28	0.00	258.95	100.00
1.95	1.13	2.28	12.29	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	1.25	2.65	13.55	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	1.40	3.09	14.95	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	1.56	3.60	16.50	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	1.73	4.19	18.23	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	1.90	4.88	20.13	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	2.07	5.69	22.20	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	2.22	6.63	24.42	754.23	0.00	878.67	100.00



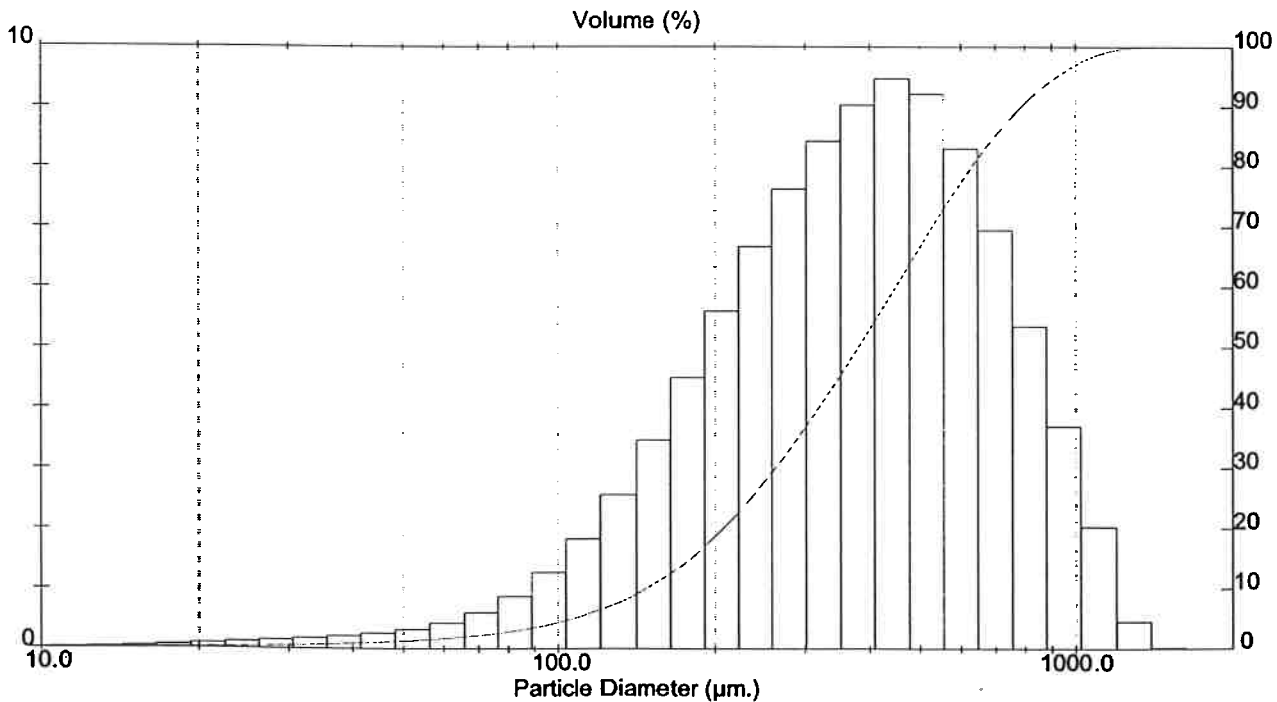
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1446/06	Run Number: 15	Medida:
Arquivo: 1446	Record Number: 71	Análise: 11 Oct 2006 15:30PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: AMOSTRA: 971D		
CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN		
Meio de Dispersão: ar		

Detalhes do Sistema			
Range Lens: 1000 mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler:	Obscuration: 6.1 %
Presentation: 3QHD	[Particle R.I. = (1.7290, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 1.054 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração= 0.2732 %Vol	Densidade= 5.676 g / cub. cm	Área Superf. Espec.= 0.0041 sq. m / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 146.55 um	D (v, 0.5) = 379.96 um	D (v, 0.9) = 785.08 um
D [4, 3] = 427.38 um	D [3, 2] = 257.34 um	Span = 1.681E+00	Uniformidade = 5.178E-01

Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%
4.19	0.00	4.88	0.00	120.67	2.56	140.58	9.15
4.88	0.01	5.69	0.01	140.58	3.47	163.77	12.62
5.69	0.01	6.63	0.02	163.77	4.51	190.80	17.12
6.63	0.01	7.72	0.03	190.80	5.60	222.28	22.73
7.72	0.01	9.00	0.04	222.28	6.67	258.95	29.40
9.00	0.01	10.48	0.06	258.95	7.63	301.68	37.03
10.48	0.02	12.21	0.08	301.68	8.43	351.46	45.46
12.21	0.03	14.22	0.11	351.46	9.03	409.45	54.49
14.22	0.04	16.57	0.15	409.45	9.47	477.01	63.97
16.57	0.07	19.31	0.22	477.01	9.22	555.71	73.18
19.31	0.09	22.49	0.31	555.71	8.31	647.41	81.49
22.49	0.12	26.20	0.43	647.41	6.95	754.23	88.44
26.20	0.15	30.53	0.58	754.23	5.36	878.67	93.80
30.53	0.18	35.56	0.76	878.67	3.69	1023.66	97.49
35.56	0.22	41.43	0.98	1023.66	2.03	1192.56	99.52
41.43	0.26	48.27	1.24	1192.56	0.46	1389.33	99.98
48.27	0.33	56.23	1.57	1389.33	0.02	1618.57	100.00
56.23	0.43	65.51	2.00	1618.57	0.00	1885.64	100.00
65.51	0.60	76.32	2.60	1885.64	0.00	2196.77	100.00
76.32	0.88	88.91	3.48	2196.77	0.00	2559.23	100.00
88.91	1.27	103.58	4.75	2559.23	0.00	2981.51	100.00
103.58	1.83	120.67	6.58	2981.51	0.00	3473.45	100.00



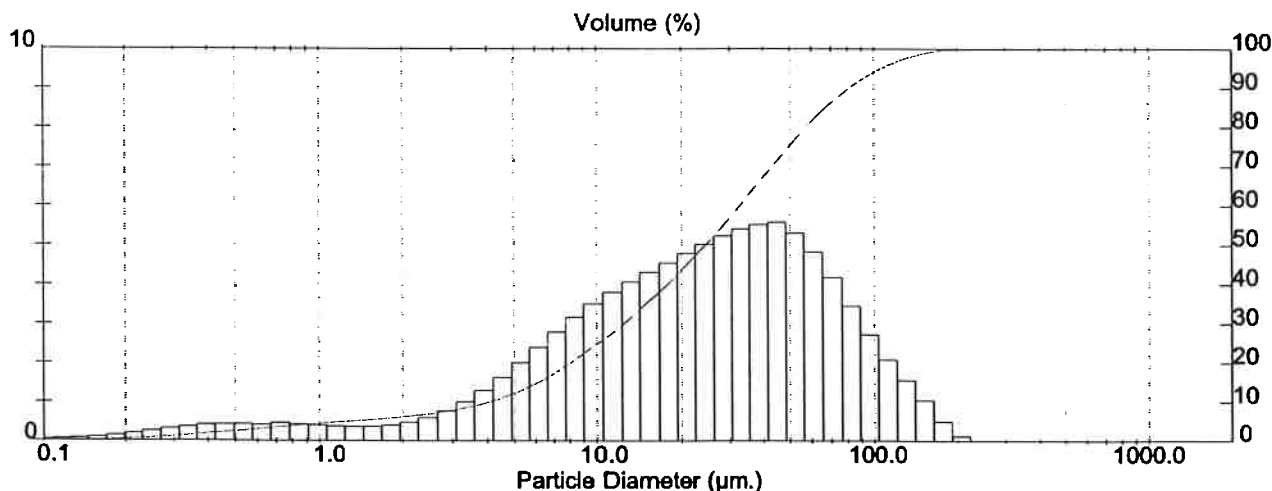
RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra		
Histórico: Certificado: 1369/06	Run Number: 14	Medida:
Arquivo: 1369	Record Number: 21	Análise: 3 Oct 2006 09:05PM
Sample Path: C:\SIZERMP\DATA\2006\		Fonte de Resultados: Média
Notas: Amostra: 971D30M		
Cliente: Vanderley Moacyr John		
Meio de dispersão: água deionizada	Dispersante: calgon	
Veloc. da bomba: 70%		

Detalhes do Sistema		
Sampler:		Measured Beam Obscuration: 22.9 %
Presentation: STFD	[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]	
Analysis Model: Polydisperse		Residual: 0.921 %
Modifications: None		

Resultados Estatísticos			
Tipo de Distribuição: Volume	Concentração = 0.0182 %Vol	Densidade = 2.650 g / cm3	Área Superf. Espec. = 0.4633 m2 / g
Diâmetros Médios:	D (v, 0.1) = 4.04 um	D (v, 0.5) = 24.37 um	D (v, 0.9) = 81.26 um
D [4, 3] = 35.08 um	D [3, 2] = 4.89 um	Span = 3.169E+00	Uniformidade = 9.976E-01

Diam.Inferior (um)	No Intervalo %	Diam.Superior (um)	Acum. Abaixo%	Diam.Inferior (um)	No Intervalo %	Diam.Superior (um)	Acum. Abaixo%
0.05	0.01	0.06	0.01	5.69	2.40	6.63	16.40
0.06	0.01	0.07	0.02	6.63	2.79	7.72	19.19
0.07	0.02	0.08	0.04	7.72	3.16	9.00	22.35
0.08	0.03	0.09	0.06	9.00	3.50	10.48	25.86
0.09	0.04	0.11	0.11	10.48	3.80	12.21	29.66
0.11	0.06	0.13	0.16	12.21	4.07	14.22	33.72
0.13	0.08	0.15	0.25	14.22	4.31	16.57	38.04
0.15	0.11	0.17	0.36	16.57	4.55	19.31	42.59
0.17	0.15	0.20	0.51	19.31	4.79	22.49	47.38
0.20	0.20	0.23	0.71	22.49	5.03	26.20	52.41
0.23	0.26	0.27	0.97	26.20	5.24	30.53	57.66
0.27	0.32	0.31	1.29	30.53	5.41	35.56	63.07
0.31	0.36	0.36	1.65	35.56	5.53	41.43	68.60
0.36	0.41	0.42	2.06	41.43	5.58	48.27	74.18
0.42	0.43	0.49	2.49	48.27	5.31	56.23	79.49
0.49	0.44	0.58	2.93	56.23	4.83	65.51	84.31
0.58	0.42	0.67	3.35	65.51	4.18	76.32	88.49
0.67	0.47	0.78	3.82	76.32	3.45	88.91	91.94
0.78	0.44	0.91	4.26	88.91	2.72	103.58	94.67
0.91	0.40	1.06	4.66	103.58	2.09	120.67	96.75
1.06	0.38	1.24	5.04	120.67	1.57	140.58	98.32
1.24	0.37	1.44	5.41	140.58	1.05	163.77	99.37
1.44	0.37	1.68	5.78	163.77	0.51	190.80	99.87
1.68	0.41	1.95	6.19	190.80	0.13	222.28	100.00
1.95	0.48	2.28	6.67	222.28	0.00	258.95	100.00
2.28	0.60	2.65	7.27	258.95	0.00	301.68	100.00
2.65	0.78	3.09	8.04	301.68	0.00	351.46	100.00
3.09	1.01	3.60	9.05	351.46	0.00	409.45	100.00
3.60	1.30	4.19	10.35	409.45	0.00	477.01	100.00
4.19	1.64	4.88	11.99	477.01	0.00	555.71	100.00
4.88	2.01	5.69	14.00				



RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra

Histórico: Certificado: 1449/06

Arquivo: 1449

Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\

Notas: AMOSTRA: 971D 30M Disp

CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN

Melo de Dispersão: água deionizada Dispersante: calgon

Veloc. bomba: 70%

Run Number: 15

Record Number: 23

Medida:

Análise: 11 Oct 2006 16:24PM

Fonte de Resultados: Média

Detalhes do Sistema

Range Lens: 300RF mm

Beam Length: 2.40 mm

Sampler:

Obscuration: 20.4 %

Presentation: 3TFD

[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]

Analysis Model: Polydisperse

Residual: 0.762 %

Modifications: None

Resultados Estatísticos

Tipo de Distribuição: Volume

Concentração= 0.0360 %Vol

Densidade= 5.676 g / cub. cm

Área Superf. Espec.= 0.0829 sq. m / g

Diâmetros Médios:

D (v, 0.1) = 5.29 um

D (v, 0.5) = 32.55 um

D (v, 0.9) = 105.44 um

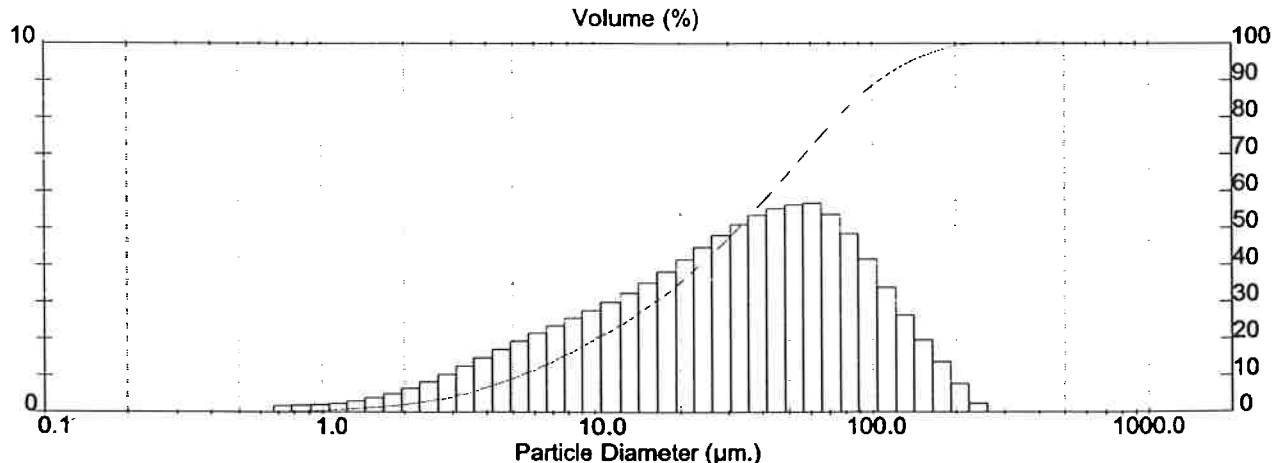
D [4, 3] = 45.73 um

D [3, 2] = 12.74 um

Span = 3.077E+00

Uniformidade = 9.655E-01

Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (um)	No Intervalo %	Diâm.Superior (um)	Acum.Abaixo%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	2.36	7.72	15.48
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	2.57	9.00	18.05
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	2.77	10.48	20.82
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	3.00	12.21	23.82
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	3.25	14.22	27.07
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	3.53	16.57	30.60
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	3.83	19.31	34.43
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	4.16	22.49	38.58
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	4.49	26.20	43.07
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	4.81	30.53	47.89
0.23	0.00	0.27	0.00	30.53	5.11	35.56	53.00
0.27	0.00	0.31	0.00	35.56	5.35	41.43	58.35
0.31	0.00	0.36	0.00	41.43	5.53	48.27	63.88
0.36	0.00	0.42	0.00	48.27	5.63	56.23	69.51
0.42	0.00	0.49	0.00	56.23	5.68	65.51	75.18
0.49	0.00	0.58	0.00	65.51	5.37	76.32	80.55
0.58	0.00	0.67	0.00	76.32	4.85	88.91	85.40
0.67	0.18	0.78	0.18	88.91	4.16	103.58	89.57
0.78	0.20	0.91	0.37	103.58	3.40	120.67	92.97
0.91	0.21	1.06	0.58	120.67	2.65	140.58	95.62
1.06	0.24	1.24	0.82	140.58	1.98	163.77	97.59
1.24	0.31	1.44	1.13	163.77	1.38	190.80	98.97
1.44	0.40	1.68	1.53	190.80	0.79	222.28	99.76
1.68	0.50	1.95	2.03	222.28	0.24	258.95	100.00
1.95	0.66	2.28	2.69	258.95	0.00	301.68	100.00
2.28	0.83	2.65	3.52	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	1.03	3.09	4.56	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	1.26	3.60	5.81	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	1.49	4.19	7.30	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	1.72	4.88	9.02	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	1.94	5.69	10.96	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	2.16	6.63	13.12	754.23	0.00	878.67	100.00



RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra

Histórico: Certificado: 1368/06
Arquivo: 1368
Sample Path: C:\SIZERMP\DATA\2006\

Run Number: 14
Record Number: 45

Medida:
Análise: 3 Oct 2006 08:55PM
Fonte de Resultados: Média

Notas: Amostra: 971D45M
Cliente: Vanderley Moacyr John
Meio de dispersão: água deionizada Dispersante: calgon
Veloc. da bomba: 70%

Detalhes do Sistema

Sampler:
Presentation: 5TFD
Analysis Model: Polydisperse
Modifications: None

[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]

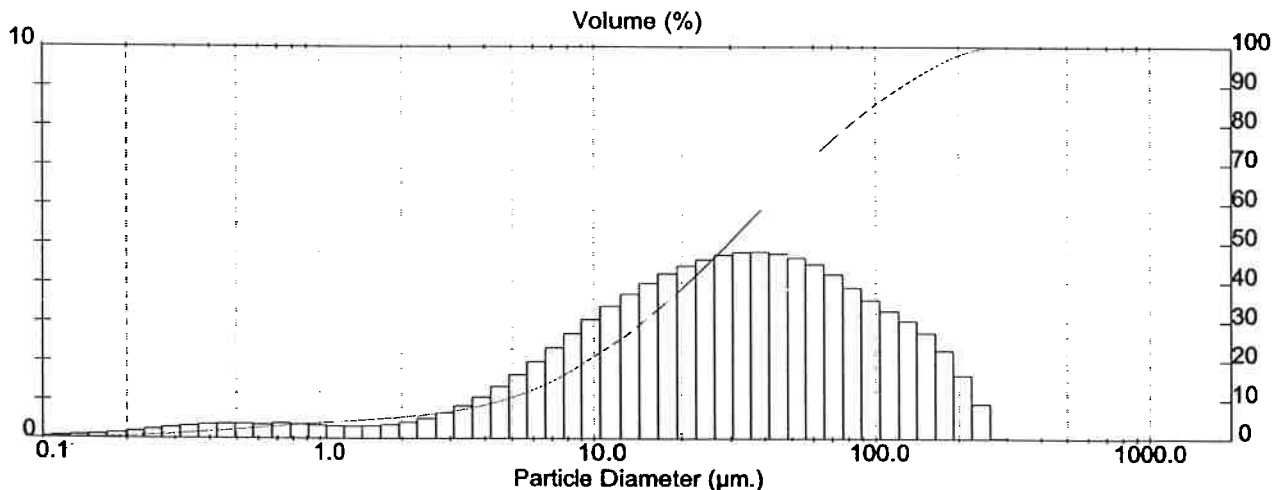
Measured Beam Obscuration: 15.9 %

Residual: 1.642 %

Resultados Estatísticos

Tipo de Distribuição: Volume Concentração = 0.0126 %Vol Densidade = 2.650 g / cm³ Área Superf. Espec. = 0.4287 m² / g
Diâmetros Médios: D (v, 0.1) = 4.70 um D (v, 0.5) = 29.43 um D (v, 0.9) = 124.14 um
D [4, 3] = 48.29 um D [3, 2] = 5.28 um Span = 4.059E+00 Uniformidade = 1.207E+00

Diam. Inferior (µm)	No Intervalo %	Diam. Superior (µm)	Acum. Abaixo %	Diam. Inferior (µm)	No Intervalo %	Diam. Superior (µm)	Acum. Abaixo %
0.05	0.01	0.06	0.01	5.69	1.98	6.63	14.00
0.06	0.01	0.07	0.02	6.63	2.34	7.72	16.34
0.07	0.02	0.08	0.05	7.72	2.70	9.00	19.04
0.08	0.03	0.09	0.08	9.00	3.06	10.48	22.09
0.09	0.05	0.11	0.13	10.48	3.39	12.21	25.49
0.11	0.06	0.13	0.19	12.21	3.71	14.22	29.19
0.13	0.09	0.15	0.28	14.22	3.98	16.57	33.18
0.15	0.11	0.17	0.39	16.57	4.23	19.31	37.40
0.17	0.15	0.20	0.54	19.31	4.43	22.49	41.84
0.20	0.19	0.23	0.73	22.49	4.59	26.20	46.43
0.23	0.24	0.27	0.97	26.20	4.71	30.53	51.13
0.27	0.29	0.31	1.26	30.53	4.77	35.56	55.91
0.31	0.32	0.36	1.59	35.56	4.79	41.43	60.69
0.36	0.37	0.42	1.95	41.43	4.74	48.27	65.43
0.42	0.38	0.49	2.33	48.27	4.63	56.23	70.06
0.49	0.38	0.58	2.71	56.23	4.46	65.51	74.52
0.58	0.36	0.67	3.07	65.51	4.21	76.32	78.73
0.67	0.40	0.78	3.47	76.32	3.87	88.91	82.60
0.78	0.37	0.91	3.84	88.91	3.55	103.58	86.15
0.91	0.34	1.06	4.18	103.58	3.27	120.67	89.42
1.06	0.32	1.24	4.51	120.67	3.02	140.58	92.44
1.24	0.32	1.44	4.83	140.58	2.72	163.77	95.16
1.44	0.33	1.68	5.15	163.77	2.27	190.80	97.43
1.68	0.36	1.95	5.51	190.80	1.63	222.28	99.06
1.95	0.42	2.28	5.93	222.28	0.91	258.95	99.97
2.28	0.52	2.65	6.45	258.95	0.03	301.68	100.00
2.65	0.66	3.09	7.11	301.68	0.00	351.46	100.00
3.09	0.84	3.60	7.95	351.46	0.00	409.45	100.00
3.60	1.07	4.19	9.03	409.45	0.00	477.01	100.00
4.19	1.34	4.88	10.37	477.01	0.00	555.71	100.00
4.88	1.65	5.69	12.02				



RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra

Histórico: Certificado: 1372/06
Arquivo: 1372
Sample Path: C:\SIZERMP\DATA\2006\

Run Number: 15
Record Number: 44

Medida:
Análise: 3 Oct 2006 14:14PM
Fonte de Resultados: Média

Notas: Amostra: 971D45M DISP.
Cliente: Vanderley Moacyr John
Meio de dispersão: água deionizada Dispersante: calgon
Veloc. da bomba: 70%

Detalhes do Sistema

Sampler:
Presentation: 5TFD
Analysis Model: Polydisperse
Modifications: None

[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]

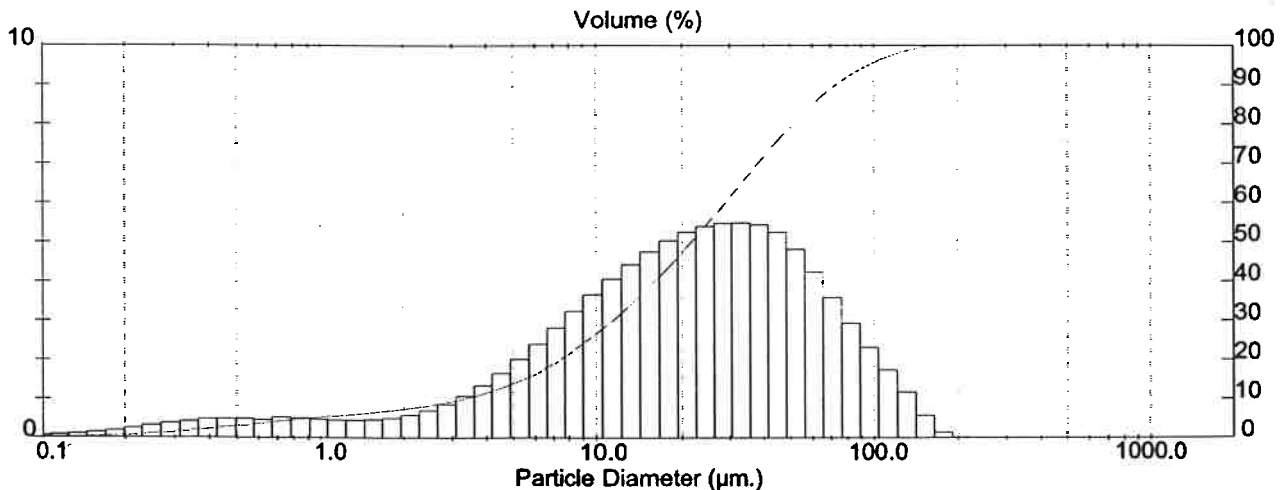
Measured Beam Obscuration: 16.5 %

Residual: 1.097 %

Resultados Estatísticos

Tipo de Distribuição: Volume Concentração = 0.0099 %Vol Densidade = 2.650 g / cm³ Área Superf. Espec. = 0.5545 m² / g
Diâmetros Médios: D (v, 0.1) = 3.28 µm D (v, 0.5) = 21.62 µm D (v, 0.9) = 72.67 µm
D [4, 3] = 31.14 µm D [3, 2] = 4.08 µm Span = 3.210E+00 Uniformidade = 9.942E-01

Diam. Inferior (µm)	No Intervalo %	Diam. Superior (µm)	Acum. Abaixo %	Diam. Inferior (µm)	No Intervalo %	Diam. Superior (µm)	Acum. Abaixo %
0.05	0.01	0.06	0.01	5.69	2.41	6.63	18.13
0.06	0.02	0.07	0.03	6.63	2.82	7.72	20.96
0.07	0.03	0.08	0.06	7.72	3.24	9.00	24.20
0.08	0.05	0.09	0.11	9.00	3.66	10.48	27.86
0.09	0.06	0.11	0.17	10.48	4.06	12.21	31.92
0.11	0.09	0.13	0.26	12.21	4.43	14.22	36.35
0.13	0.11	0.15	0.37	14.22	4.75	16.57	41.10
0.15	0.15	0.17	0.52	16.57	5.03	19.31	46.13
0.17	0.20	0.20	0.72	19.31	5.25	22.49	51.38
0.20	0.26	0.23	0.98	22.49	5.40	26.20	56.78
0.23	0.32	0.27	1.30	26.20	5.48	30.53	62.26
0.27	0.39	0.31	1.68	30.53	5.49	35.56	67.75
0.31	0.42	0.36	2.11	35.56	5.45	41.43	73.20
0.36	0.48	0.42	2.59	41.43	5.25	48.27	78.44
0.42	0.49	0.49	3.08	48.27	4.81	56.23	83.26
0.49	0.49	0.58	3.57	56.23	4.23	65.51	87.49
0.58	0.47	0.67	4.04	65.51	3.59	76.32	91.08
0.67	0.54	0.78	4.58	76.32	2.94	88.91	94.01
0.78	0.51	0.91	5.08	88.91	2.32	103.58	96.33
0.91	0.48	1.06	5.56	103.58	1.74	120.67	98.08
1.06	0.46	1.24	6.02	120.67	1.18	140.58	99.26
1.24	0.46	1.44	6.48	140.58	0.58	163.77	99.85
1.44	0.47	1.68	6.95	163.77	0.14	190.80	99.99
1.68	0.51	1.95	7.46	190.80	0.01	222.28	100.00
1.95	0.58	2.28	8.04	222.28	0.00	258.95	100.00
2.28	0.70	2.65	8.74	258.95	0.00	301.68	100.00
2.65	0.86	3.09	9.60	301.68	0.00	351.46	100.00
3.09	1.08	3.60	10.68	351.46	0.00	409.45	100.00
3.60	1.35	4.19	12.03	409.45	0.00	477.01	100.00
4.19	1.67	4.88	13.70	477.01	0.00	555.71	100.00
4.88	2.03	5.69	15.72				



RESULTADOS DE ANÁLISE DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

Detalhes da Amostra

Histórico: Certificado: 1552/06

Run Number: 14

Medida:

Arquivo: 1552

Record Number: 41

Análise: 8 Nov 2006 10:58PM

Sample Path: C:\SIZERS\DATA\2006\

Fonte de Resultados: Média

Notas: AMOSTRA: 971D 30M Disp 2

CLIENTE: VANDERLEY MOACYR JOHN

Meio de Dispersão: água deionizada Dispersante: calgon

Veloc. bomba: 70%

Detalhes do Sistema

Range Lens: 300RF mm

Beam Length: 2.40 mm

Sampler:

Obscuration: 14.8 %

Presentation: 3TFD

[Particle R.I. = (2.5935, 0.0100); Dispersant R.I. = 1.3300]

Analysis Model: Polydisperse

Residual: 0.452 %

Modifications: None

Resultados Estatísticos

Tipo de Distribuição: Volume

Concentração= 0.0093 %Vol

Densidade= 2.650 g / cub. cm

Área Superf. Espec.= 0.3936 sq. m / g

Diâmetros Médios:

D (v, 0.1) = 3.00 µm

D (v, 0.5) = 24.29 µm

D (v, 0.9) = 75.97 µm

D [4, 3] = 33.80 µm

D [3, 2] = 5.75 µm

Span = 3.003E+00

Uniformidade = 9.596E-01

Diâm.Inferior (µm)	No Intervalo %	Diâm.Superior (µm)	Acum.Abaixo%	Diâm.Inferior (µm)	No Intervalo %	Diâm.Superior (µm)	Acum.Abaixo%
0.05	0.00	0.06	0.00	6.63	2.47	7.72	20.47
0.06	0.00	0.07	0.00	7.72	2.80	9.00	23.27
0.07	0.00	0.08	0.00	9.00	3.13	10.48	26.41
0.08	0.00	0.09	0.00	10.48	3.47	12.21	29.87
0.09	0.00	0.11	0.00	12.21	3.82	14.22	33.69
0.11	0.00	0.13	0.00	14.22	4.18	16.57	37.87
0.13	0.00	0.15	0.00	16.57	4.56	19.31	42.43
0.15	0.00	0.17	0.00	19.31	4.94	22.49	47.37
0.17	0.00	0.20	0.00	22.49	5.29	26.20	52.66
0.20	0.00	0.23	0.00	26.20	5.59	30.53	58.26
0.23	0.04	0.27	0.04	30.53	5.81	35.56	64.07
0.27	0.18	0.31	0.22	35.56	5.95	41.43	70.02
0.31	0.31	0.36	0.54	41.43	5.88	48.27	75.90
0.36	0.47	0.42	1.01	48.27	5.44	56.23	81.34
0.42	0.56	0.49	1.57	56.23	4.79	65.51	86.12
0.49	0.65	0.58	2.22	65.51	3.98	76.32	90.11
0.58	0.67	0.67	2.89	76.32	3.14	88.91	93.25
0.67	0.85	0.78	3.74	88.91	2.34	103.58	95.59
0.78	0.81	0.91	4.55	103.58	1.67	120.67	97.25
0.91	0.76	1.06	5.32	120.67	1.15	140.58	98.40
1.06	0.71	1.24	6.02	140.58	0.79	163.77	99.19
1.24	0.67	1.44	6.69	163.77	0.50	190.80	99.69
1.44	0.63	1.68	7.32	190.80	0.21	222.28	99.90
1.68	0.62	1.95	7.94	222.28	0.08	258.95	99.98
1.95	0.65	2.28	8.59	258.95	0.02	301.68	100.00
2.28	0.73	2.65	9.32	301.68	0.00	351.46	100.00
2.65	0.86	3.09	10.17	351.46	0.00	409.45	100.00
3.09	1.04	3.60	11.21	409.45	0.00	477.01	100.00
3.60	1.27	4.19	12.48	477.01	0.00	555.71	100.00
4.19	1.53	4.88	14.01	555.71	0.00	647.41	100.00
4.88	1.83	5.69	15.84	647.41	0.00	754.23	100.00
5.69	2.15	6.63	17.99	754.23	0.00	878.67	100.00

