



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL**



JOÃO DAVYD DA SILVA QUINTELA

**COMPARATIVO ENTRE DUAS TÉCNICAS DE ANÁLISE DA GRANULOMETRIA
DAS RESINAS DE PVC**

**Maceió, AL
2019**

JOÃO DAVYD DA SILVA QUINTELA

**COMPARATIVO ENTRE DUAS TÉCNICAS DE ANÁLISE DA GRANULOMETRIA
DAS RESINAS DE PVC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica e Industrial.

Orientadora: Prof^a. Livia Maria de Oliveira Ribeiro

Maceió, AL

2019



ATA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TCC - IQB

1. Data da apresentação do TCC: 13/02/2019

2. Aluno / matrícula: João Nayrd da Silva Quintela / 14112138

3. Orientador(es) / Unidade Acadêmica:
Livia Maria de Oliveira Ribeiro / CTEC

4. Banca Examinadora (nome / Unidade Acadêmica):

<u>Livia Maria de Oliveira Ribeiro / CTEC</u> (Presidente)	Nota: <u>8,5</u>
<u>Georgina Neyane Silva Belo Góis / CTEC</u> (1º avaliador)	Nota: <u>8,5</u>
<u>Pollyanna Vanessa dos Santos Lima / CTEC</u> (2º avaliador)	Nota: <u>8,5</u>
	(3º avaliador) Nota: _____

5. Título do Trabalho:
Comparativo entre duas técnicas de análise da granulometria das resinas de PVC

6. Local: LASSO/UFAL

7. Apresentação: Horário início: 10:15 Horário final: 10:50
Arguição: Horário início: 10:50 Horário final: 11:10

8. Nota final: 8,5 (oito e meio)

9. Justificativa da nota. Em caso de APROVAÇÃO COM RESTRIÇÕES, indicar as principais alterações que devem ser efetuadas no trabalho para que o mesmo venha a ser aprovado.

Em sessão pública, após exposição do seu trabalho de TCC por cerca de 35 minutos, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca por 20 minutos, tendo como resultado:

APROVADO

APROVADO COM RESTRIÇÕES – mediante modificações no trabalho que foram sugeridas pela banca como condicional para aprovação.

NÃO APROVADO.



Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Instituto de Química e Biotecnologia (IQB)
 Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Campus A.C. Simões,
 Maceió-AL, 57072-970, Brasil.
 www.iqb.ufal.br // Tel: (82) 3214-1384/1189



Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima determinada, e pelo candidato:

ATA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TCC - IQB

Maceió, 13 de fevereiro de 2011

Presidente: pl Amanda Peiter
 1º Avaliador: Georgie Nayane Silve Bez Góis
 2º Avaliador: Pellysson Vanessa dos Santos da Silva
 3º Avaliador: _____
 Candidato: João Danyel de Silva Quintela

Nota:	(3º avaliador)
Nota:	(2º avaliador)
Nota:	(1º avaliador)
Nota:	(Presidente)

5. Título do Trabalho: _____

7. Apresentação: Horário início: _____ Horário final: _____
 Arguição: Horário início: _____ Horário final: _____

8. Nota final: _____

9. Justificativa da nota. Em caso de APROVAÇÃO COM RESTRIÇÕES, indicar as principais restrições que devem ser efetuadas no trabalho para que o mesmo venha a ser aprovado.

Em sessão pública, após exposição do seu trabalho de TCC por cerca de _____ minutos, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca por _____ minutos, tendo como resultado:

(X) APROVADO
 () APROVADO COM RESTRIÇÕES - mediante modificações no trabalho que foram sugeridas pela banca como condicional para aprovação.
 () NÃO APROVADO

JOÃO DAVYD DA SILVA QUINTELA

**COMPARATIVO ENTRE DUAS TÉCNICAS DE ANÁLISE DA GRANULOMETRIA
DAS RESINAS DE PVC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica e Industrial.

Banca Examinadora

Prof^ª. Livia Maria de Oliveira Ribeiro
Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL

Prof^ª. Msc. Georgia Nayane Silva Belo Gois
Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL

Prof^ª. Msc. Pollyanna Vanessa dos Santos Lins
Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL

Maceió, AL

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me fortalecido e me ajudado a superar todas as dificuldades e que permitiu alcançar esta etapa tão importante da minha vida.

Agradeço também aos meus pais, Maria Cicera da Silva Quintela e Ginaldo Quintela de Almeida (In Memoriam), minha mãe que sempre me incentivou a estudar e conquistar um futuro melhor, me dando forças através de palavras e orações, e meu pai que mesmo não estando aqui presente, sei que está comigo a todo instante.

Agradeço a minha querida esposa Maria de Lourdes dos Santos Satfrio Quintela pelo apoio e paciência.

Agradeço a minha filha Melinda Satfrio Quintela que criou mais motivos para eu não desistir.

Agradeço a minha irmã Maria Janylle da Silva Quintela por sempre me apoiar.

Agradeço a coordenadora do meu setor de trabalho, Fernanda Chaves de Albuquerque e a todos os meus colegas de trabalho que sempre me apoiaram quando precisei, compartilhando experiências e valores.

Agradeço também de forma especial a minha professora e orientadora Livia Maria de Oliveira Ribeiro que sempre esteve à disposição para me orientar.

Agradeço a instituição, aos professores pelo esforço gigante com muita paciência e sabedoria. Foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias.

Por fim agradeço aos meus amigos e colegas de turma que de certa forma contribuíram para minha formação acadêmica.

RESUMO

Na indústria do PVC, o tamanho médio e a distribuição granulométrica das partículas tem efeito sobre outras propriedades da resina, tais como a densidade aparente, características de fluxo do pó e as propriedades gerais de mistura e processamento. Resinas com partículas muito pequenas tendem a sofrer problemas mais sérios durante o processo de mistura, uma vez que tendem a desenvolver, mais rapidamente, um aumento da temperatura nas folgas entre a hélice e as paredes do misturador, a qual podem tanto provocar a pré-plastificação do composto, quanto sua decomposição parcial. O aumento do diâmetro médio é favorável ao processamento, uma vez que possibilita uma plastificação mais uniforme do composto. Estes problemas motivaram o estudo de diferentes técnicas de análise para obtenção da distribuição dos diâmetros das partículas, oriundas do processo de fabricação. Duas diferentes técnicas foram utilizadas para determinação da curva de distribuição de diâmetro das partículas: difração de raios laser (utilizando o equipamento eletrônico *Mastersizer 2000* da *Malvern*) e a Peneira a Jato de Ar (utilizando o equipamento Air Jet LS E200). Onde podemos concluir através das análises e resultados obtidos que a metodologia de difração de raios laser é mais adequada para analisar o perfil granulométrico das resinas de PVC, pois apresenta maior varredura e expressão de dados mais precisos com menor tempo de resposta de processo.

Palavras-chave: PVC, Difração a laser, Peneira a Jato de Ar, Análise Granulométrica.

ABSTRACT

In the PVC industry the average size and particle size distribution have an effect on other resin properties, such as bulk density, powder flow characteristics and general mixing and processing properties. Resins with very small particles tend to suffer more serious problems during the blending process as they tend to develop more quickly temperatures in the gaps between the propeller and the walls of the mixer which can either cause pre-plasticization of the compound, as well as its partial decomposition. The increase in the average diameter is favorable to the processing, since it allows a more uniform plasticization of the compound. These problems led to the study of different analytical techniques to obtain the distribution of particle diameters from the manufacturing process. Two different techniques were used to determine the particle diameter distribution curve: laser diffraction (using Malvern's Mastersizer 2000 electronic equipment) and the Air Jet Screen (using the Air Jet LS E200 equipment). Where we can conclude from the analyzes and results obtained that the laser diffraction methodology is more adequate to analyze the granulometric profile of the PVC resins, as it presents a greater scanning and expression of more accurate data with a shorter process response time.

Key words: PVC, Laser diffraction, Air-jet sieve, Granulometric analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma do processo de obtenção do PVC na Braskem	17
Figura 2	Principais aplicações do PVC no Brasil em 2011	18
Figura 3	Maiores consumidores de PVC no mundo	19
Figura 4	Lagoa Mundaú	19
Figura 5	Camada de sal	19
Figura 6	Eletrólise	19
Figura 7	Partícula de PVC obtido pelo processo de polimerização em suspensão visualizada no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Aumento de 645x	20
Figura 8	Diferentes diâmetros de esferas equivalentes gerados a partir de uma partícula irregular	28
Figura 9	Princípio de determinação da distribuição do tamanho de partículas por difração a laser	31
Figura 10	Equipamento de difração a laser da Malvern	31
Figura 11	Equipamento de peneira a jato de ar (Air Jet LS E200)	32
Figura 12	Gráfico 1 - Teste de granulometria da resina SP 1000 utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >250	33
Figura 13	Gráfico 2 - Teste de granulometria da resina SP 1000 utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >63	34
Figura 14	Gráfico 3 - Teste de granulometria da resina SP 1300FA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >250	35
Figura 15	Gráfico 4 - Teste de granulometria da resina SP 1300FA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >63	35
Figura 16	Gráfico 5 - Teste de granulometria da resina SP 767RA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >250	36
Figura 17	Gráfico 6 - Teste de granulometria da resina SP 767RA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >63	37
Figura 18	Partículas da resina SP 1000 ampliada 200 vezes no microscópio	38
Figura 19	Partículas da resina SP 1300FA ampliada 200 vezes no microscópio	38
Figura 20	Partículas da resina SP 767RA ampliada 200 vezes no microscópio	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Especificações técnicas: PVC NORVIC® SP 1000	22
Tabela 2	Especificações técnicas: PVC NORVIC® SP 1300FA	24
Tabela 3	Especificações técnicas: PVC NORVIC® SP 767RA	26
Tabela 4	Teste de granulometria da resina SP 1000 utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet	33
Tabela 5	Teste de granulometria da resina SP 1300FA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet	34
Tabela 6	Teste de granulometria da resina SP 767RA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet	36
Tabela 7	Vantagens e Desvantagens entre os equipamentos (Air Jet x Malvern)	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PVC	Policloreto de vinila
MVC	Monocloreto de vinila
EDC	Dicloroetano
Atm	Atmosférica
HCl	Cloreto de Hidrogênio
Stripping	Torre de recuperação de MVC
NaCl	Cloreto de sódio
SP 1000	Processo de suspensão com 1000 monômeros em sua cadeia
SP 1300FA	Processo de suspensão com 1300 monômeros em sua cadeia
SP 767RA	Processo de suspensão com 1100 monômeros em sua cadeia
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico
µm	Micrometros
HH	Hora Homem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Monômeros.....	13
2.2 Polímeros.....	13
2.3 Polimerização.....	14
2.4 Classificação dos Polímeros.....	14
2.4.1 Homopolímeros.....	14
2.4.2 Copolímeros.....	14
2.5 Produção de Polímeros.....	15
2.6 Processo de Produção de Polímeros na Braskem.....	16
2.7 PVC e sua Utilização.....	18
2.8 PVC - Um material ambientalmente correto?.....	19
2.9 Principais Características do PVC.....	21
2.10 Características das amostras utilizadas.....	22
2.10.1 Policloreto de Vinila - PVC NORVIC® SP 1000.....	22
2.10.1.1 Especificações Técnicas.....	22
2.10.1.2 Embalagem e Armazenamento.....	22
2.10.1.3 Prazo de Validade.....	23
2.10.1.4 Observações Finais.....	23
2.10.2 Policloreto de Vinila - PVC NORVIC® SP 1300FA.....	24
2.10.2.1 Especificações Técnicas.....	24
2.10.2.2 Embalagem e Armazenamento.....	24
2.10.2.3 Prazo de Validade.....	25
2.10.2.4 Observações Finais.....	25
2.10.3 Policloreto de Vinila - PVC NORVIC® SP 767RA.....	26
2.10.3.1 Especificações Técnicas.....	26
2.10.3.2 Embalagem e Armazenamento.....	26
2.10.3.3 Prazo de Validade.....	26
2.10.3.4 Observações Finais.....	26
2.11 Distribuição do Tamanho de Partícula.....	27
3. OBJETIVOS.....	29
3.1 Objetivo Geral.....	29

3.2 Objetivos Específicos	29
4. METODOLOGIA.....	30
4.1 Determinação do Tamanho de Partícula (Metodologia Geral - Testes)	30
4.2 Determinação do Tamanho de Partícula por Difração a Laser.....	30
4.3 Determinação do Tamanho de Partícula por Peneira a Jato de Ar	32
5. RESULTADOS ANALÍTICOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1 Resultados comparativos com resina de PVC do tipo SP 1000	33
5.2 Resultados comparativos com resina de PVC do tipo SP 1300FA	34
5.3 Resultados comparativos com resina de PVC do tipo SP 767RA.....	36
5.4 Análise Microscópica das partículas das resinas de PVC	38
6. VANTAGENS E DESVANTAGENS	40
7. CONCLUSÃO.....	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

O Policloreto de Vinila (PVC) é um polímero que se apresenta sob a forma de um pó branco, inodoro, cujo monômero é o cloreto de vinila (CH_2CHCl). Como pó, a resina não apresenta nenhum interesse, devendo necessariamente ser acrescida de outras substâncias que conferirão propriedades ao produto acabado e/ou que permitirão a fabricação destes produtos. O material resultante da união da resina com os aditivos é denominado composto de PVC, o qual possibilita a criação de compostos diferentes, estando esses de acordo com o produto que se deseja obter (NUNES, 2002).

A formulação do composto é determinada em função das características específicas do produto final, do equipamento utilizado no processamento e da forma que o composto será utilizado (em grãos ou em pó). Os ingredientes básicos a serem utilizados, qualquer que seja a sua aplicação, são os mesmos: resina, estabilizante e lubrificantes, em caso onde são necessárias propriedades específicas no produto acabado ou no processamento. Sua formulação inclui modificadores de impacto, absorvedores de ultravioleta, auxiliares de processamento, plastificantes e cargas. Sendo assim, sabe-se que a adição e a quantidade destes aditivos implicarão em propriedades específicas para os compostos.

O PVC é o mais versátil dentre os plásticos. Devido à necessidade da resina ser formulada mediante a incorporação de aditivos, o PVC pode ter suas características alteradas dentro de um amplo espectro de propriedades em função da aplicação final, variando desde o rígido ao extremamente flexível, passando por aplicações que vão desde tubos e perfis rígidos para uso na construção civil até brinquedos e laminados flexíveis para acondicionamento de sangue e plasma. A grande versatilidade do PVC deve-se, em parte, à sua adequação aos mais variados processos de moldagem, podendo ser injetado, extrudado, calandrado, espalmado, somente para citar algumas das alternativas de transformação (NUNES, 2006).

Segundo CARVALHO (1998), várias metodologias de caracterização de partículas e flocos são citadas pela literatura, partindo-se de simples ensaios de proveta, sistema de peneiramento, até determinações mais sofisticadas através do uso de equipamentos eletrônicos.

A análise granulométrica de um material compreende parte da sua caracterização, por meio da determinação do tamanho de partículas e da frequência com que ocorrem em uma determinada faixa de tamanhos (LIMA E DA LUZ, 2001).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Monômeros

Trata-se da matéria-prima básica para obtenção de cada polímero. O monômero é uma molécula simples, pelo menos bifuncional, ou seja, capaz de reagir por pelo menos duas de suas terminações, que em condições adequadas dá origem à unidade de repetição (mero) das muitas cadeias poliméricas que formam o polímero. O monômero utilizado na polimerização do PVC é o monômero cloreto de vinila (MVC) (NUNES, 2006).

2.2 Polímeros

São materiais de origem natural ou artificial (polímeros naturais modificados) ou sintética, de natureza orgânica ou inorgânica, constituídos por muitas macromoléculas, sendo que cada uma dessas macromoléculas possui uma estrutura interna em que há a repetição de pequenas unidades (meros) (NUNES, 2006).

Quanto à forma final de utilização, os polímeros podem ser divididos em plásticos, fibras poliméricas, borrachas (ou elastômeros), espumas, tintas e adesivos.

O termo plástico é também derivado do grego, cujo significado é “moldável”. Os plásticos podem ser subdivididos em duas categorias, segundo seu comportamento tecnológico diante das condições de processamento.

- ✓ Termoplásticos: materiais plásticos que apresentam a capacidade de serem repetidamente amolecidos pelo aumento de temperatura e endurecidos pelo resfriamento. Essa alteração é, portanto, reversível. O PVC é considerado um termoplástico, uma vez que exibe essas características.
- ✓ Termofixos ou Termorrígidos: materiais plásticos que, quando curados, com ou sem aquecimento, não podem ser reamolecidos por meio de um aquecimento posterior. O processo de cura consiste em uma série de reações químicas que promovem a formação de ligações químicas primárias (ligações covalentes) entre as macromoléculas da resina termofixa, mediante o uso de calor, pressão, radiação ou catalisadores, tornando-a rígida, insolúvel e infusível (NUNES, 2006).

2.3 Polimerização

Conjunto de reações químicas que levam monômeros a formar polímeros. Os principais processos de polimerização, do ponto de vista tecnológico, podem ser diferenciados em polimerização em cadeia (baseada na reação de monômeros com duplas ligações carbono-carbono) e polimerização em etapas (envolvendo, na sua maioria, reações entre monômeros com grupos funcionais reativos, com ou sem a formação de subprodutos de baixo peso molecular) (NUNES, 2006).

2.4 Classificação dos Polímeros

Segundo NUNES (2006), os polímeros de cloreto de vinila podem ser encontrados tanto na forma de homopolímeros quanto na de copolímeros, tais como: os copolímeros de cloreto de vinila e acetato de vinila.

2.4.1 Homopolímeros

Polímeros cujas macromoléculas são formadas por um único tipo de unidade de repetição (mero), podendo ser representados genericamente por:

~A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A~

2.4.2 Copolímeros

Polímeros cujas macromoléculas são formadas pela repetição de dois ou mais tipos de meros. Quanto à formação das macromoléculas, os copolímeros podem ser subdivididos em aleatórios (randômicos ou estatísticos), alternados, em bloco e enxertados (ou graftizados):

✓ Aleatórios:

~A-A-B-A-A-A-B-B-A-B-B-B-B-A-A-B~

✓ Alternados:

~A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B~

✓ Em bloco:



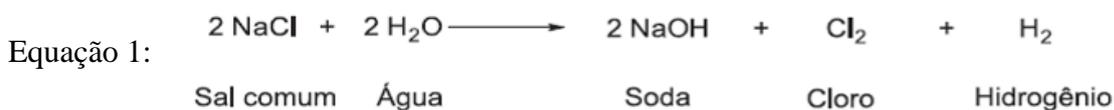
✓ Enxertados ou graftizados:



2.5 Produção de Polímeros

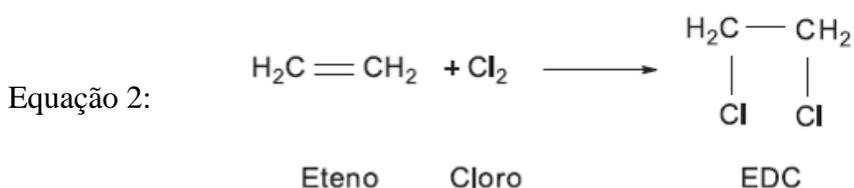
A produção de polímeros, em particular do PVC, para que haja sua inicialização, primeiramente existe a necessidade da obtenção do MVC, monômero essencial para produção desse produto.

A obtenção do MVC dá-se por meio de um processo de eletrólise do cloreto de sódio (sal comum), gerando assim, o cloro na forma de gás, juntamente com o hidróxido de sódio (NaOH) e o hidrogênio que são destinados a outros fins, conforme equação 1.

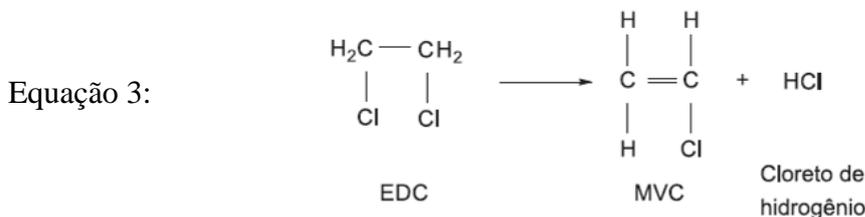


Para obtenção desses produtos existem três tipos de processos, como por exemplo: o processo do amálgama de mercúrio, o processo do diafragma de amianto e o processo de membrana. Na Braskem, empresa localizada em Maceió - AL, o processo utilizado é o diafragma, o qual consiste na separação física do cátodo e do ânodo por uma parede desse material, impedindo o fluxo de eletricidade ao longo da célula (VIANA; E. O. VILAR, H. L. LIRA, T. J. A MELO, E. M. A. FILHO, 2008).

Esse cloro obtido é utilizado em reações junto com o eteno para a obtenção do EDC (1,2 dicloroetano). Esse produto é intermediário e obtido sob uma temperatura de 50 a 70°C sob pressões de 4 a 5 atm nos processos de fase líquida, conforme equação 2.



Após obter o EDC, parte-se para obtenção do MVC, através da equação 3.



Por esse processo, a obtenção do MVC vem juntamente com o HCl. O rendimento dessa reação gira em torno de 60 a 70%, não sendo viável o aumento desse rendimento, pois com isso iria diminuir a vazão de produto produzido. Desta forma, tem-se a necessidade de recuperar esse produto para que ele volte ao processo para minimizar perdas (NUNES, 2002).

2.6 Processo de produção de polímeros na Braskem

Na Braskem, o processo de produção de PVC é através de polimerização em suspensão. Esse processo consiste na polimerização do MVC. Existem também os processos de polimerização em massa e em emulsão. De acordo com NUNES (2006), 80% do PVC produzido no mundo vem do processo de polimerização do MVC.

Na polimerização em suspensão o MVC é disperso em gotas de diâmetro entre 30 e 150 μm , em meio a uma fase aquosa contínua, por agitação vigorosa e na presença de um coloide protetor, também chamado de dispersante ou agente de suspensão. Um iniciador solúvel no monômero é utilizado e esse processo se dá por um mecanismo em cadeia via radical livres. Para que tudo isso ocorra são utilizados reatores de batelada.

Após o final do ciclo, o rendimento gira em torno de 75 a 95%, o produto obtido será uma lama, com PVC, água e MVC, chamado de MVC residual. O monômero é recuperado quando passa por um processo de *stripping*, no qual o MVC é recuperado sob aplicação de vácuo e temperatura.

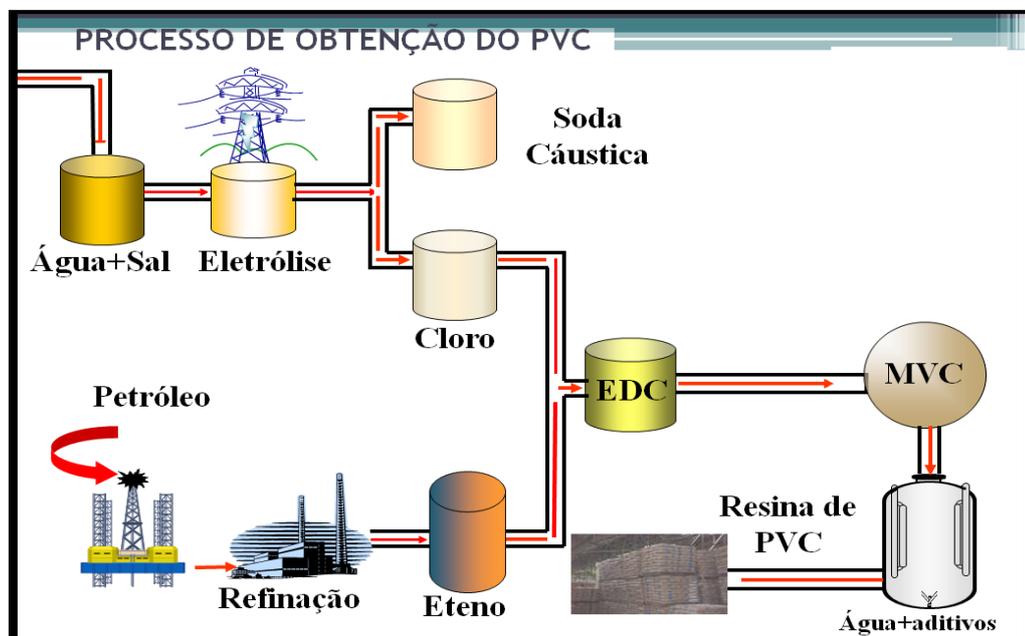
A lama obtida passa por uma centrifugação e posteriormente por secadores de leito fluidizado. A resina seca ao sair dos secadores é então peneirada para reter as partículas grosseiras que levam nome de cascas.

Logo após, o PVC é então transportado pelo sistema pneumático para os silos, onde são estocados e dispostos para os clientes.

As embalagens utilizadas são: sacos de 25 kg e Big-Bags de 1,3 ton. (NUNES, 2006).

Vejamos a seguir de forma simplificada como obtemos o PVC, seguindo o fluxograma do processo utilizado na Braskem.

Figura 1. Fluxograma do processo de obtenção do PVC na Braskem.

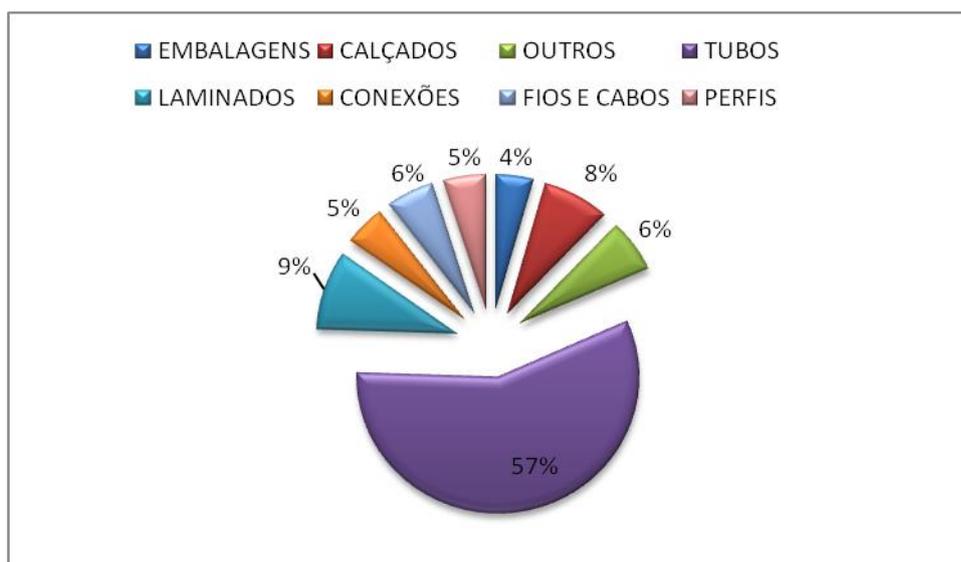


Fonte: Autor, 2018.

2.7 PVC e sua utilização

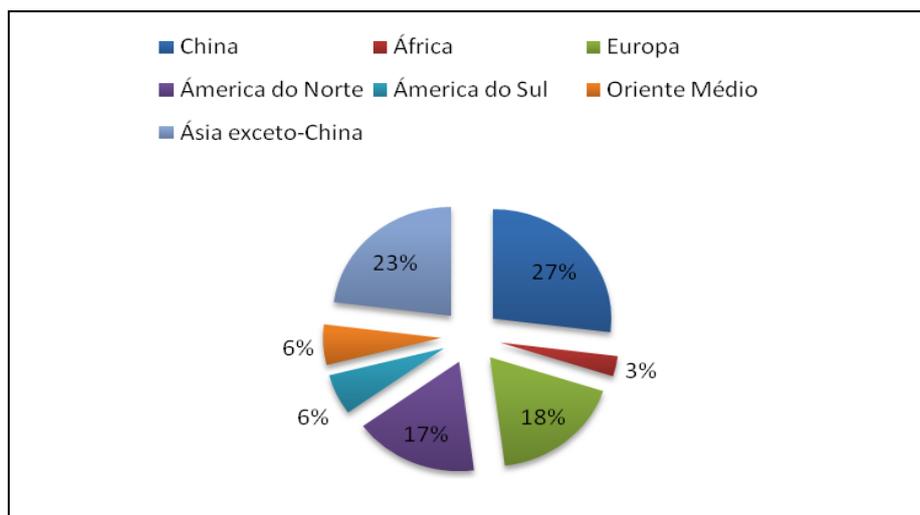
Devido a sua versatilidade, o PVC é um produto que pode ser usado nos mais diferentes tipos de materiais. Suas aplicações podem ser direcionadas já no momento de sua produção, sendo os aditivos, que serão adicionados, que irão definir suas características. Por exemplo, como o PVC é um material atóxico, se utilizado aditivos também com essa característica ele pode ser utilizado até mesmo em materiais críticos como acessórios médico-hospitalares. Inovações na Saúde, na Alimentação, na Construção Civil, na Comunicação, na Indústria Automobilística e na Agricultura não seriam possíveis sem as inovações do plástico (BRASKEM, 2018). As Figuras 1 e 2 apresentam as principais aplicações do PVC no Brasil, sendo a construção civil o segmento que mais utiliza esse produto em suas atividades e os maiores consumidores de PVC no mundo, respectivamente.

Figura 2. Principais aplicações do PVC no Brasil em 2011.



Fonte: Instituto do PVC, 2011.

Segundo o INSTITUTO DO PVC (2011), o maior produtor de PVC do mundo hoje é a China com cerca de 27 % de produto produzido em todo mundo, seguido pela Ásia exceto a China, tendo como grande produtor também a América do Norte com 17%. A América do Sul aparece com 6% da demanda mundial.

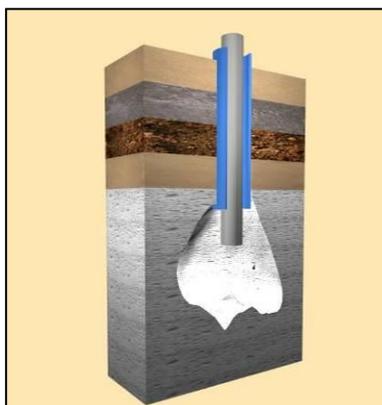
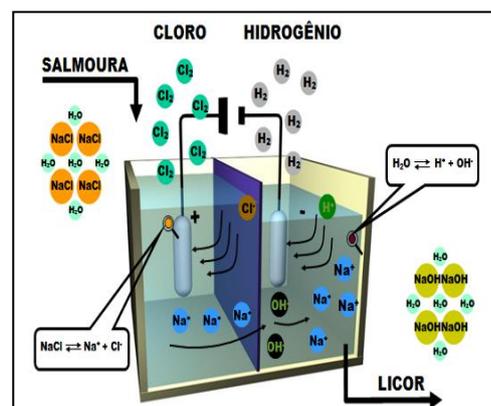
Figura 3. Maiores consumidores de PVC no mundo.

Fonte: Instituto do PVC, 2011.

2.8 PVC - Um material ambientalmente correto?

Apesar das campanhas realizadas indicando que o plástico não é um material ambientalmente correto, o PVC é originado em sua composição, predominantemente, de fontes renováveis, sendo: 57% de Cloro derivado do sal de cozinha NaCl e 43% de eteno derivado do petróleo (NUNES, 2002).

Após ser extraído, o sal passa pelo processo de eletrólise, onde é obtido o cloro, hidróxido de sódio, hipoclorito e hidrogênio. A eletrólise é a reação química resultante da passagem de uma corrente elétrica por água salgada (salmoura). Assim se dá a obtenção do cloro, como demonstrado abaixo (Figuras 3, 4 e 5).

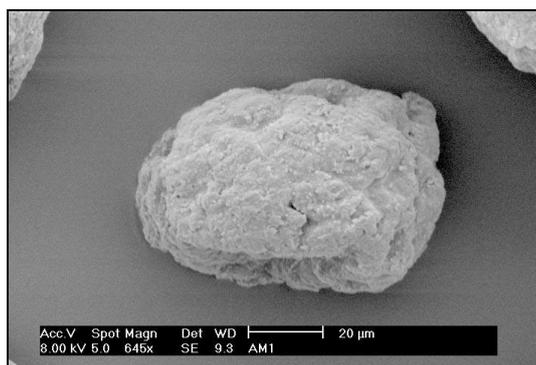
Figura 4. Lagoa Mundaú.**Figura 5.** Camada de sal.**Figura 6.** Eletrólise.

Fonte: BRASKEM, 2018.

Já o petróleo, passa pelos seguintes passos para gerar o eteno, necessário para produção do PVC. O primeiro é uma destilação do óleo cru, obtendo-se aí a nafta leve. Esta passa, então, pelo processo de craqueamento catalítico (quebra de moléculas grandes em moléculas menores com a ação de catalisadores para aceleração do processo), gerando-se o eteno. Tanto o cloro como o eteno estão na fase gasosa e eles reagem produzindo o DCE (dicloroetano).

A partir do DCE, obtém-se o MVC (mono cloreto de vinila, unidade básica do polímero de PVC). O polímero é formado pela repetição da estrutura monomérica. As moléculas de MVC são submetidas ao processo de polimerização, elas vão se ligando formando uma molécula muito maior, conhecida como PVC (policloreto de vinila), que é um pó muito fino, de cor branca, e totalmente inerte, conforme Figura 6.

Figura 6. Partícula de PVC obtido pelo processo de polimerização em suspensão visualizada no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Aumento de 645x.



Fonte: NUNES, 2006.

2.9 Principais Características do PVC

O PVC apresenta algumas características particulares, tais como: é atóxico, inerte e seguro; é sólido e resistente a choques; é leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), facilitando seu manuseio e aplicação; é bom isolante térmico, elétrico e acústico; é impermeável a gases e líquidos; é versátil e ambientalmente correto; é resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores; é resistente à maioria dos reagentes químicos e às intempéries (sol, chuva, vento e maresia); é durável, sua vida útil em construções é superior a 50 anos; é reciclável e reciclado; é fabricado com baixo consumo de energia; não propaga chamas e é auto extingüível (FERNANDES E DIACENCO, 2010).

2.10 Características das amostras utilizadas

2.10.1 Policloreto de Vinila - PVC NORVIC® SP 1000

Segundo a BRASKEM (2018), NORVIC® SP 1000 é um homopolímero de PVC de uso geral, obtido pelo processo de polimerização em suspensão, de elevada porosidade e distribuição granulométrica estreita. É destinado a produtos rígidos e flexíveis e apresenta rápida absorção de plastificantes, boa processabilidade, alta transparência e brilho, boa estabilidade térmica, boa coloração inicial e baixo teor de fisheyes. É amplamente utilizado nos seguintes processos:

- ✓ Extrusão de perfis rígidos;
- ✓ Extrusão de mangueiras e perfis flexíveis;
- ✓ Extrusão de isolamento de fios e cabos elétricos;
- ✓ Extrusão e calandragem de filmes e laminados semirrígidos e flexíveis.

2.10.1.1 Especificações técnicas

A Tabela 1 apresenta as especificações técnicas do produto.

Tabela 1. Especificações técnicas: PVC NORVIC® SP 1000

	Valor	Unidade	Método de Análise
Valor K	65 ± 1	-	DIN 53726
Materiais Voláteis	≤ 0,3	%	JIS K-6721
Granulometria > 250 µm	≤ 1	%	ASTM D-1921-A
Granulometria < 63 µm	≥ 95	%	ASTM D-1921-A
Densidade Volumétrica	0,52 ± 0,03	g/cm ³	ASTM D-1895-A

Fonte: BRASKEM, 2018.

2.10.1.2 Embalagem e Armazenamento

A resina SP 1000 é fornecida em sacos de papel multifolhados com 25 kg ou big bags retornáveis de 1200 kg. Outras opções de embalagem a granel são também disponíveis. As

embalagens devem ser armazenadas em temperaturas inferiores a 50°C, livre da ação direta da luz solar, da umidade e sobre "pallets", para proteger do contato direto com o solo.

2.10.1.3 Prazo de Validade

Essa resina tem como prazo de validade 3 (três) anos a partir da data de fabricação, desde que respeitadas as condições de armazenamento recomendadas.

2.10.1.4 Observações Finais

A resina SP 1000 é inerte e não apresenta toxidez, pois na composição de sua formulação não são utilizados aditivos tóxicos.

2.10.2 Policloreto de Vinila - PVC NORVIC® SP 1300FA

NORVIC® SP 1300FA é um homopolímero de PVC de alto peso molecular obtido pelo processo de polimerização em suspensão. Apresenta elevada porosidade e consequente absorção de plastificantes, elevadas propriedades mecânicas e resistividade volumétrica, boa estabilidade térmica e baixo teor de fisheyes. Possui como principais aplicações:

- ✓ Injeção de produtos flexíveis;
- ✓ Extrusão e calandragem de filmes e laminados flexíveis;
- ✓ Extrusão de mangueiras e perfis flexíveis;
- ✓ Extrusão de isolamento de fios e cabos elétricos.

2.10.2.1 Especificações Técnicas

A Tabela 2 apresenta as especificações técnicas do produto.

Tabela 2. Especificações técnicas: PVC NORVIC® SP 1300FA

	Valor	Unidade	Método de Análise
Valor K	71 ± 1	-	NBR13610
Materiais Voláteis	≤ 0,3 %	%	JIS K-6721
Granulometria > 250 µm	≤ 1	%	ASTM D-1921-A
Granulometria < 63 µm	≥ 95	%	ASTM D-1921-A
Densidade Volumétrica	0,46 ± 0,02	g/cm ³	ASTM D-1895-A

Fonte: BRASKEM, 2018.

2.10.2.2 Embalagem e Armazenamento

A resina SP 1300FA é fornecida em sacos de papel multifolhados com 25 kg ou big bags retornáveis de 1200 kg. Outras opções de embalagem a granel são também disponíveis. As embalagens devem ser armazenadas em temperaturas inferiores a 50°C, livre da ação direta da luz solar, da umidade e sobre "pallets", para proteger do contato direto com o solo.

2.10.2.3 Prazo de Validade

Assim como a SP1000, essa resina possui como prazo de validade 3 (três) anos a partir da data de fabricação, desde que respeitadas as condições de armazenamento recomendadas.

2.10.2.4 Observações Finais

A resina SP 1300FA é inerte e não apresenta toxidez, pois na composição de sua formulação não são utilizados aditivos tóxicos.

2.10.3 Policloreto de Vinila - PVC NORVIC® SP 767RA

NORVIC® SP 767RA é um homopolímero de PVC obtido pelo processo de polimerização em suspensão, de elevada densidade volumétrica, elevada capacidade de gelificação, elevada estabilidade térmica e elevada produtividade na extrusão de rígidos. É utilizado, principalmente, na fabricação de tubos.

2.10.3.1 Especificações Técnicas

A Tabela 3 apresenta as especificações técnicas da resina:

Tabela 3. Especificações técnicas: PVC NORVIC® SP 767RA

	Valor	Unidade	Método de Análise
Valor K	66,5 –68,0	-	NBR 13610
Materiais Voláteis	≤ 0,30	%	JIS K-6721
Granulometria > 250 µm	≤ 3	%	ASTM D-1921-A
Granulometria > 63 µm	≥ 98,0	%	ASTM D-1921-A
Densidade Volumétrica	0,56 ± 0,02	g/cm ³	ASTM D-1895-A

Fonte: BRASKEM, 2018.

2.10.3.2 Embalagem e Armazenamento

A resina SP 767RA é fornecida em big bags retornáveis de 1300 kg. As embalagens devem ser armazenadas em temperaturas inferiores a 50°C, livre da ação direta da luz solar, da umidade sobre "pallets", para proteger do contato direto com o solo.

2.10.3.3 Prazo de Validade

Possui como prazo de validade de 3 (três) anos a partir da data de fabricação, desde que respeitadas as condições de armazenamento recomendadas.

2.10.3.4 Observações Finais

A resina SP 767RA é inerte e não apresenta toxidez, pois na composição de sua formulação não são utilizados aditivos tóxicos.

2.11. Distribuição do Tamanho de Partícula

O conhecimento do tamanho e da distribuição do tamanho de partícula é um pré-requisito fundamental para muitas operações de produção e processamento envolvendo sistemas de materiais particulados. A distribuição do tamanho de partícula influi de maneira significativa em várias etapas de produção (transporte, compactação, sinterização, etc.) e na microestrutura do material, afetando a resistência mecânica, a densidade e as propriedades térmicas e elétricas dos produtos acabados. Portanto a sua determinação é uma etapa crítica em todos os processos que de alguma maneira envolvam materiais na forma de pós. Caso realizada incorretamente podem ser geradas perdas econômicas decorrentes de produtos de baixa qualidade e de altas taxas de rejeição (JILLAVENKATESA et al., 2001).

Na indústria do PVC são utilizadas diversas técnicas para determinação de tamanho de partícula e sua distribuição, incluindo tanto técnicas simples como complexas.

A faixa de tamanho de partículas típica de resinas de PVC obtidas pelo processo de polimerização em suspensão situa-se entre 50 e 250 μm , com diâmetro médio na faixa de 100 a 150 μm .

O tamanho médio e a distribuição de tamanho de partículas têm efeito sobre outras propriedades da resina, tais como a densidade aparente às características de fluxo do pó e as propriedades gerais de mistura e processamento.

Resinas com partículas muito pequenas tendem a sofrer problemas mais sérios durante o processo de mistura nos misturadores intensivos, uma vez que tendem a desenvolver mais rapidamente temperaturas nas folgas entre a hélice e as paredes do misturador, temperaturas essas que podem tanto provocar a pré-plastificação do composto quanto sua decomposição parcial. O aumento do diâmetro médio é favorável ao processamento, uma vez que possibilita uma plastificação mais uniforme do composto. (NUNES, 2006).

Outro fator de grande importância a ser considerado na determinação da distribuição do tamanho de partícula é qual dimensão da partícula está sendo medida. Uma esfera pode ter o seu tamanho definido por um único valor: o diâmetro. Porém partículas com formatos irregulares necessitam de mais de uma medida para a quantificação do seu tamanho. Para expressar este valor em um único número, normalmente adota-se o valor de uma esfera equivalente. Dependendo do que é medido (maior ou menor comprimento, volume, massa, área projetada, velocidade de sedimentação, etc.) o diâmetro desta esfera equivalente apresenta valores diferentes (Rawle, 2002). A Figura 7 ilustra alguns dos diferentes diâmetros médios equivalentes que podem ser gerados a partir de um grão de areia com forma irregular.

Figura 8. Diferentes diâmetros de esferas equivalentes gerados a partir de uma partícula irregular.



Fonte: RAWLE, 2002.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Realizar um comparativo entre técnicas diferentes para a análise de granulometria de alguns tipos de resinas de PVC.

3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar as vantagens e desvantagens da aplicação de cada método de análise granulométrica;
- ✓ Conhecer a morfologia das resinas utilizadas com o uso de microscópio;
- ✓ Avaliar os resultados obtidos de granulometria das resinas através de gráficos.

4. METODOLOGIA

4.1. Determinação do Tamanho de Partícula (Metodologia Geral - Testes)

Neste estudo para determinarmos o tamanho das partículas foram realizados 5 (cinco) testes de análise granulométrica com os seguintes tipos de resina: SP 1000, SP 1300 FA e SP 767 RA. Onde foram utilizadas duas metodologias diferentes, tomando-se 25g de amostra para análise no Malvern e 20g de amostra para as análises realizadas no Air Jet, seguindo a metodologia de análise de cada equipamento conforme manual.

4.2. Determinação do Tamanho de Partícula por Difração a Laser

Segundo a Malvern (marca do equipamento utilizado), o instrumento Mastersizer 2000, Figura 8, utiliza o princípio da difração da luz para determinar a distribuição do tamanho de partícula. A Figura 9 apresenta o princípio esquemático de medição deste equipamento.

Um feixe de laser é enviado em direção à amostra líquida ou seca a ser analisada. Quando o feixe colimado encontra as partículas, parte do laser é difratada e, subsequentemente, focado, por meio de lentes, no detector. Quanto menor o tamanho da partícula, maior será o ângulo de difração.

Os principais parâmetros estatísticos exibidos no boletim de resultados do equipamento Mastersizer 2000, da Malvern, são os seguintes:

- ✓ D(4,3): diâmetro médio volumétrico. Corresponde ao diâmetro da esfera que possui o mesmo volume médio das partículas constituintes do sistema;
- ✓ D(3,2): diâmetro médio superficial ou diâmetro de *Sauter*. Corresponde ao diâmetro da esfera que possui a mesma área superficial média das partículas constituintes do sistema. Este parâmetro é, usualmente, utilizado em estudos relacionados aos fenômenos interfaciais;
- ✓ D(0,5): diâmetro da mediana. Ele divide a distribuição obtida exatamente na metade, ou seja, 50% do volume total das partículas encontram-se abaixo deste valor e 50% encontram-se acima;
- ✓ D(0,1) e D(0,9): diâmetros que cortam a distribuição em 10% e 90% do volume total, respectivamente;
- ✓ Obscuration: medida relacionada à concentração de partículas.

- ✓ Residual: diferença entre a intensidade da energia difratada, medida pelo equipamento, e a intensidade de energia, calculada a partir de uma dada distribuição de tamanho de partícula proposta pelo equipamento.
- ✓ SPAN: mede a amplitude relativa. Quanto mais estreita estiver a distribuição granulométrica, menor será o valor do SPAN. O SPAN é calculado por:

$$\text{SPAN} = \frac{(D(0,9) - D(0,1))}{D(0,5)}$$

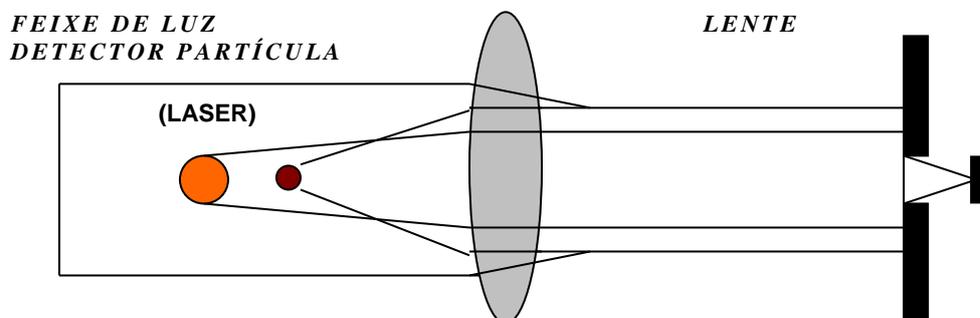
Os dados da distribuição do tamanho de partículas gerados são apresentados sob a forma de gráficos e tabelas, em base volumétrica ou mássica.

Figura 9. Equipamento de difração a laser da Malvern.



Fonte: Autor 2018.

Figura 10. Princípio de determinação da distribuição do tamanho de partículas por difração a laser.



Fonte: Manual do Equipamento de Difração a Laser da Malvern – Modelo Mastersizer 2000.

4.3. Determinação do Tamanho de Partícula por Peneira a Jato de Ar

Air Jet LS E200 (Peneira a Jato de Ar) é utilizada para determinar a distribuição granulométrica dos mais variados materiais, Figura 10. Este método consiste em determinar o percentual retido e passante de PVC nas peneiras de 250 e 63 micras através da formação de vácuo em uma câmara, com uso de aspirador para sucção da resina. Esse equipamento tem todo controle de seus comandos no visor integrado no próprio equipamento, podendo, também, ser conectado a um computador através da rede para visualização e arquivamento de seus relatórios, e assim, ter seus arquivos transportados através de sua entrada USB.

Este aparelho também apresenta a possibilidade de recuperação da amostra com o uso de um acessório conectado entre o Air Jet LS E200 e o aspirador, sendo esse acessório opcional. Diferentemente do equipamento rotap, esse aparelho não força a passagem e quebra da resina mecanicamente através de agitação e batidas, e sim pela formação de vácuo e sucção.

Figura 11. Equipamento de peneira a jato de ar (Air Jet LS E200).



Fonte: Manual do Equipamento de Peneira a Jato de Ar – Modelo AIR JET LS E200.

5. RESULTADOS ANALÍTICOS E DISCUSSÕES

5.1. Resultados comparativos com resina de PVC do tipo SP 1000.

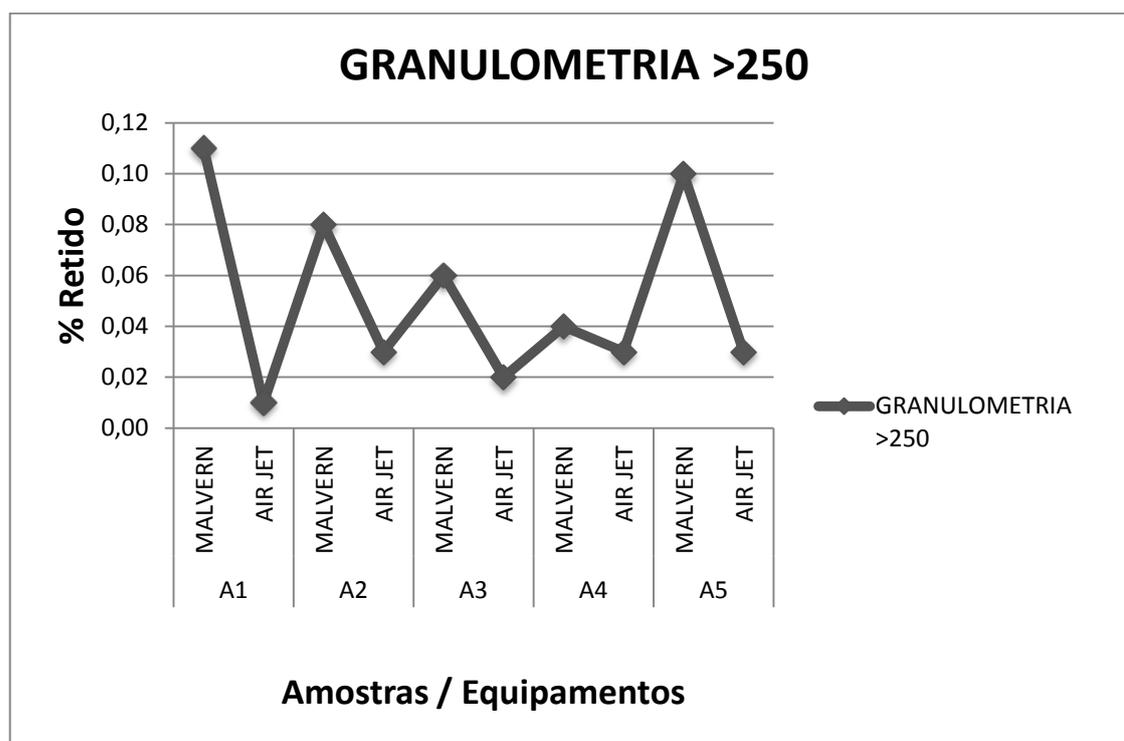
Foram realizados cinco (5) testes de granulometria com resina de PVC do tipo SP 1000 utilizando os seguintes equipamentos: Malvern (difração a laser) e Air Jet (peneira a jato de ar). Os resultados obtidos foram dispostos na Tabela 4 e ilustrados nas Figuras 11 e 12.

Tabela 4. Teste de granulometria da resina SP 1000 utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet.

GRANULOMETRIA TESTE SP 1000						
AMOSTRA	MALVERN		AIR JET		DIFERENÇA MALVERN x AIR JET	
	>63	>250	>63	>250	DIF >63	DIF >250
A1	99,83	0,11	94,04	0,01	5,79	0,10
A2	99,23	0,08	96,51	0,03	2,72	0,05
A3	99,25	0,06	96,15	0,02	3,10	0,04
A4	99,20	0,04	96,25	0,03	2,95	0,01
A5	99,43	0,10	96,37	0,03	3,06	0,07

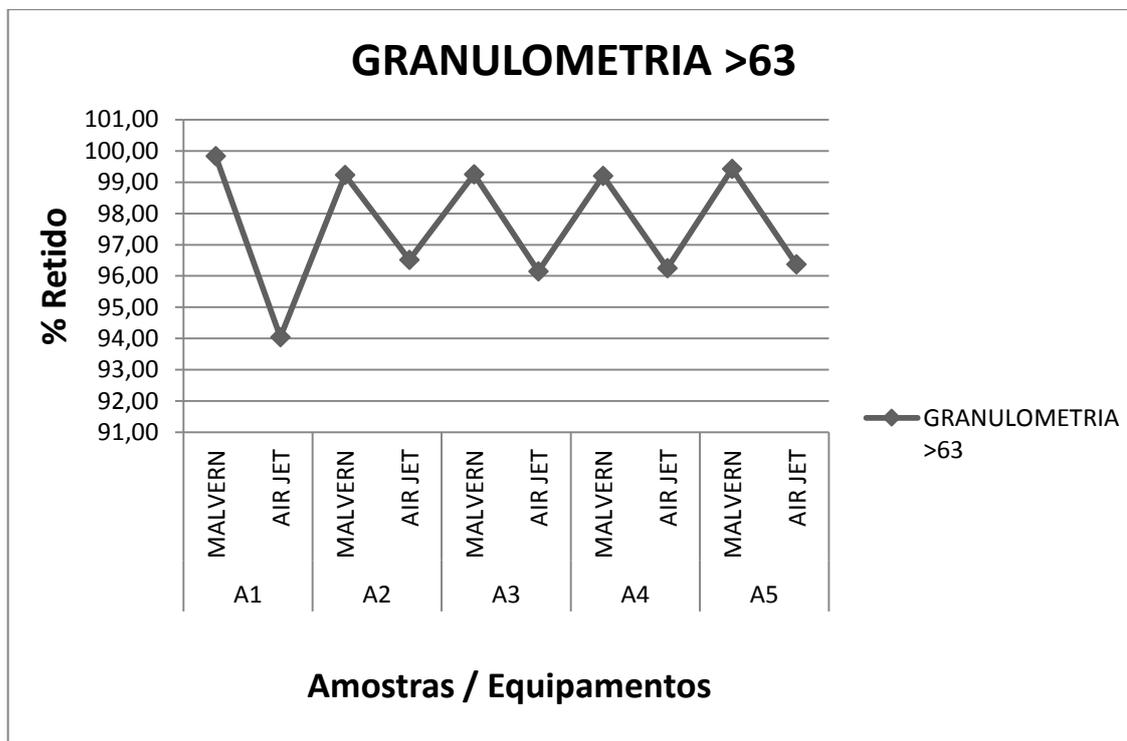
Fonte: Autor, 2018.

Figura 12. Teste de granulometria da resina SP 1000 utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >250.



Fonte: Autor, 2018

Figura 13. Teste de granulometria da resina SP 1000 utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >63.



Fonte: Autor, 2018

5.2. Resultados comparativos com resina de PVC do tipo SP 1300FA.

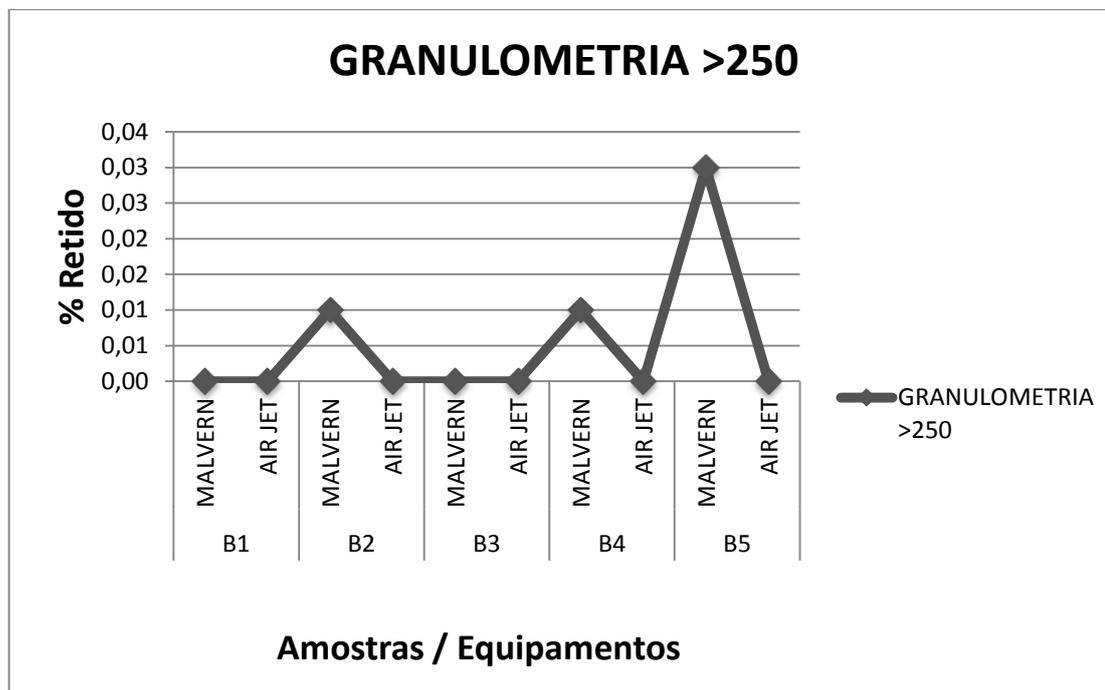
Foram realizados cinco (5) testes de granulometria com resina de PVC do tipo SP 1300FA utilizando os seguintes equipamentos: Malvern (difração a laser) e Air Jet (peneira a jato de ar). Os resultados obtidos foram dispostos na Tabela 5 e ilustrados nas Figuras 13 e 14.

Tabela 5. Teste de granulometria da resina SP 1300FA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet.

GRANULOMETRIA TESTE SP 1300FA						
AMOSTRA	MALVERN		AIR JET		DIFERENÇA MALVERN x AIR JET	
	>63	>250	>63	>250	DIF >63	DIF >250
B1	98,69	0,00	93,56	0,00	5,13	0,00
B2	98,86	0,01	94,04	0,00	4,82	0,01
B3	98,77	0,00	94,27	0,00	4,50	0,00
B4	98,83	0,01	94,36	0,00	4,47	0,01
B5	98,99	0,03	94,90	0,00	4,09	0,03

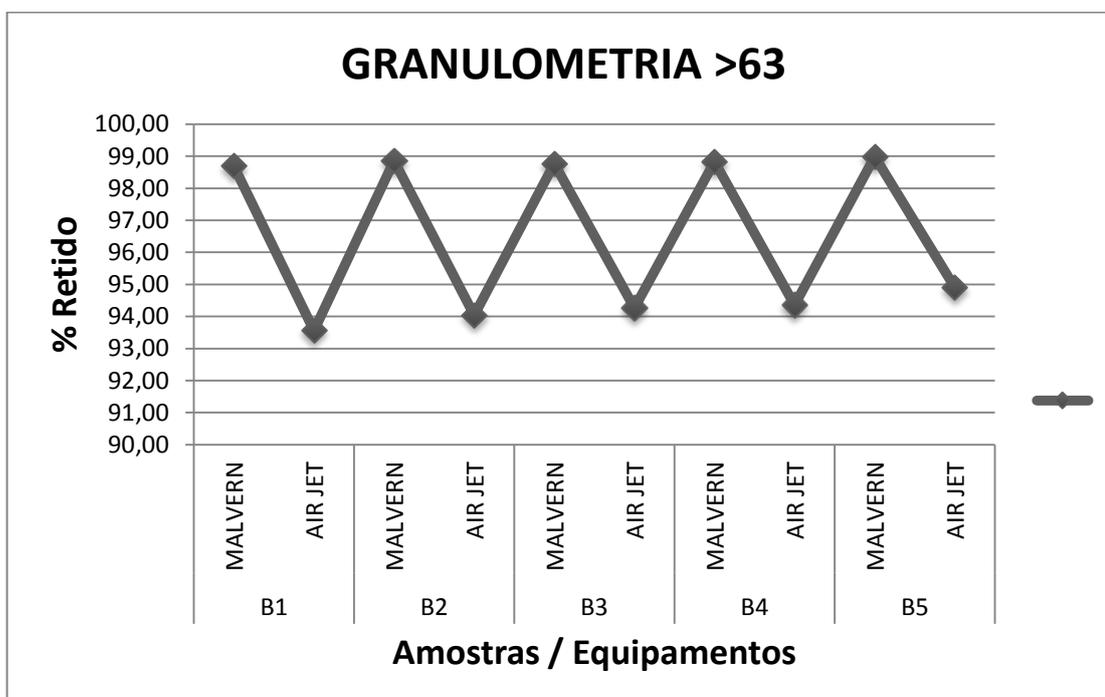
Fonte: Autor, 2018.

Figura 14. Teste de granulometria da resina SP 1300FA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >250.



Fonte: Autor, 2018

Figura 15. Teste de granulometria da resina SP 1300FA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >63.



Fonte: Autor, 2018

5.3. Resultados comparativos com resina de PVC do tipo SP 767RA.

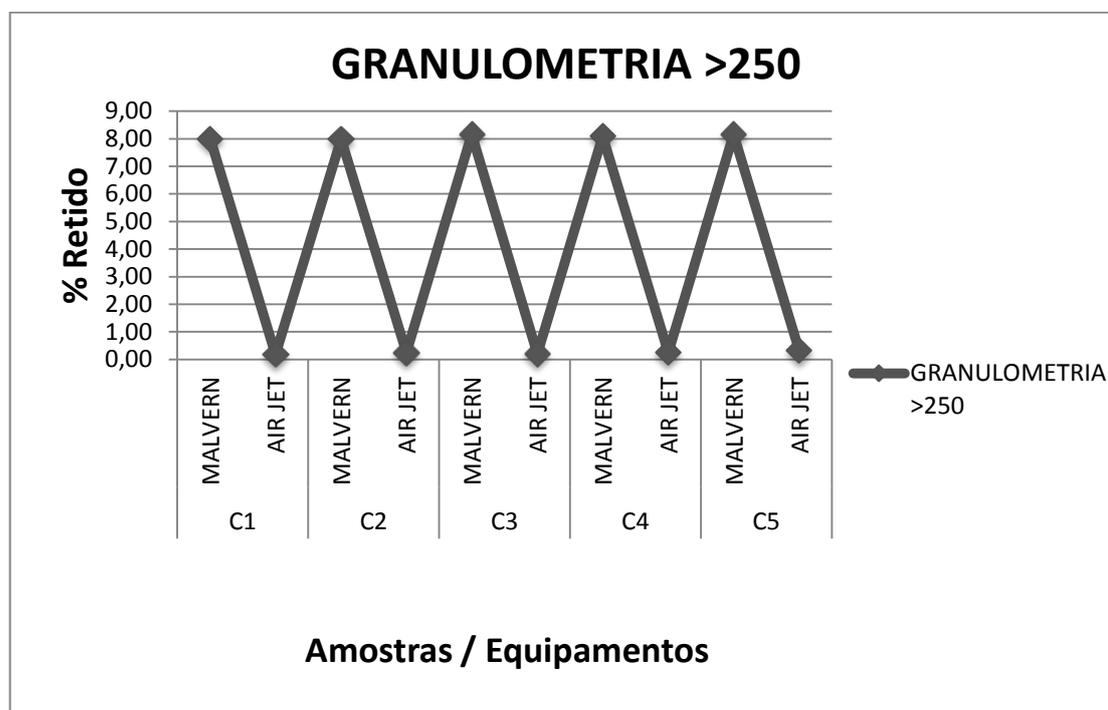
Foram realizados cinco (5) testes de granulometria com resina de PVC do tipo SP 1000 utilizando os seguintes equipamentos: Malvern (difração a laser) e Air Jet (peneira a jato de ar). Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 6 e ilustrados nas Figuras 15 e 16.

Tabela 6. Teste de granulometria da resina SP 767RA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet.

GRANULOMETRIA TESTE SP 767RA						
AMOSTRA	MALVERN		AIR JET		DIFERENÇA MALVERN x AIR JET	
	>63	>250	>63	>250	DIF >63	DIF >250
C1	100,00	8,01	99,29	0,18	0,71	7,83
C2	100,00	7,99	99,34	0,24	0,66	7,75
C3	100,00	8,16	99,42	0,20	0,58	7,96
C4	100,00	8,10	99,12	0,25	0,88	7,85
C5	100,00	8,16	99,57	0,32	0,43	7,84

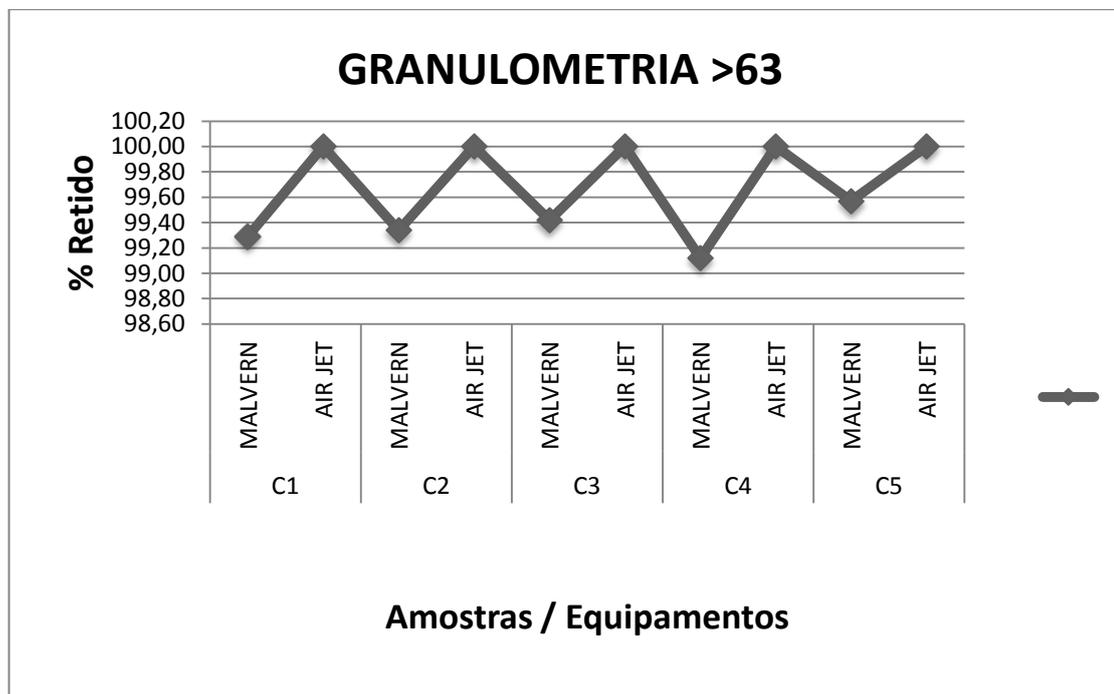
Fonte: Autor, 2018.

Figura 16. Teste de granulometria da resina SP 767RA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >250.



Fonte: Autor, 2018

Figura 17. Teste de granulometria da resina SP 767RA utilizando os equipamentos Malvern e Air Jet para peneira de >63.



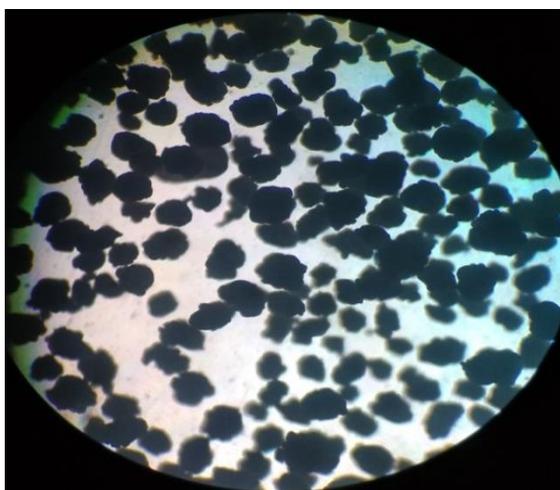
Fonte: Autor, 2018

Dentre os resultados obtidos, podemos constatar que em todos os testes, independente da resina utilizada, vemos um maior percentual retido nas peneiras >250 e >63 nos resultados obtidos com o equipamento de difração a laser quando comparados com os do Air Jet (peneira a jato de ar).

5.4. Análise Microscópica das partículas das resinas de PVC

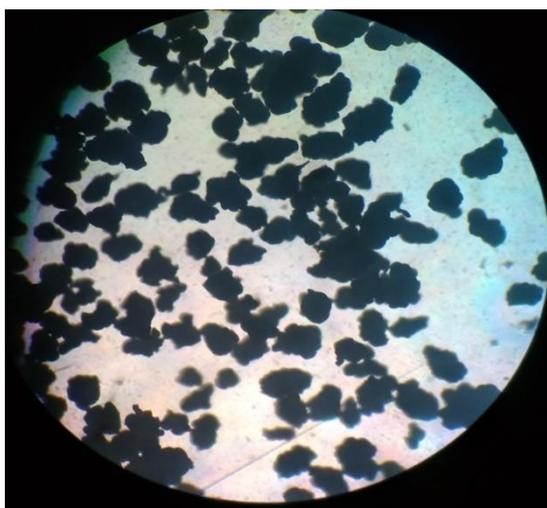
Com o objetivo de se obter uma resposta mais concisa da diferença encontrada entre as metodologias em estudo, foram realizadas algumas análises microscópicas, ampliando as partículas de PVC 100 vezes para melhor visualizarmos sua morfologia, este processo foi feito para cada tipo de resina, conhecendo assim, um pouco da morfologia de cada uma delas. Os resultados puderam ser constatados nas Figuras abaixo:

Figura 18. Partículas da resina SP 1000 ampliada 100 vezes no microscópio.



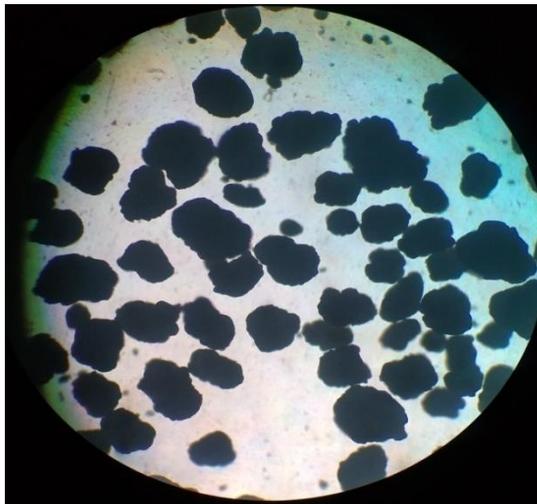
Fonte: Autor, 2018.

Figura 18. Partículas da resina SP 1300FA ampliada 100 vezes no microscópio.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 20. Partículas da resina SP 767RA ampliada 100 vezes no microscópio.



Fonte: Autor, 2018.

- ✓ Resina SP 1000: pode-se observar a presença de partículas menores e mais arredondadas.
- ✓ Resina SP 1300FA: pode-se observar a presença de vários tipos de formatos de partículas, principalmente partículas alongadas.
- ✓ Resina SP 767RA: pode-se observar a presença de partículas maiores, alongadas e arredondadas.

Assim, é possível afirmar que, de acordo com a formulação, tecnologia e aditivos utilizados para a produção de cada resina, tem-se tipos de resinas diferentes, contudo, tem-se também, uma distribuição granulométrica diferente.

Sendo assim, pode-se dizer que devido à presença de vários tipos de formatos de partículas, principalmente partículas alongadas, ocasionou-se a passagem dessas partículas com maior facilidade nas malhas, devido à sucção da peneira a jato (análise utilizando o Air Jet). Essa teoria é, então, utilizada para explicar a diferença de resultados quando comparados com a metodologia da difração a laser (análise utilizando o Malvern).

6. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Dentre as principais vantagens, conforme ilustrado na tabela abaixo pode-se concluir que com o uso do equipamento de difração a laser (Malvern) para análise granulométrica, obtém-se um menor tempo de resposta na análise, bem como, um menor gasto Hora Homem (HH) com os analistas, quando comparado com que é visto na metodologia de peneira a jato de ar (Air Jet).

Outra vantagem importante no uso do equipamento de difração a laser é a possibilidade de se obter uma varredura maior nos outros rangers de tamanho de partícula, enquanto que no Air Jet para obter uma maior varredura tem-se que utilizar mais peneiras, tornando ainda maior o tempo de análise, e, conseqüentemente, não tornando viável a fim de resposta para o processo e clientes.

Em relação à saúde do analista, ambos os equipamentos não precisam realizar nenhum esforço ergonômico e também não causam poluição sonora.

A principal vantagem do Air Jet se encontra no menor custo inicial empregado, menor peso e também espaço necessário para instalação.

Tabela 7. Vantagens e Desvantagens entre os equipamentos (Air Jet x Malvern).

PARÂMETRO	EQUIPAMENTO	
	AIR JET	MALVERN
Tempo de Análise	7 Minutos	20 Segundos
HH	10 Minutos	3 Minutos
Tecnologia	Peneira a Jato de Ar	Difração a laser
Tipo de Amostra	Seca	Seca ou Úmida
Faixa de Análise	25 a 2000 micras	0,02 a 2000 micras
Quantidade de Amostra p/ análise	20 g	~25 g
Poluição Sonora	59 dB	<40 dB
Investimento (custo inicial)	Médio	Alto
Peso	20 Kg	35 Kg
Dimensões C x L x A (mm)	503 x 370 x 380	1293 x 255 x 375

Fonte: Autor, 2018.

7. CONCLUSÃO

Foi possível verificar que existe diferença dos resultados em relação aos métodos analíticos apresentados.

No método por peneira a jato de ar, foi observado que a resina apresenta uma quantidade acumulada maior na peneira de 250, principalmente no caso da resina SP 767RA, quando comparado à metodologia de difração a laser. Esta diferença ocorre devido ao esforço mecânico realizado pelo equipamento de peneira a jato de ar no ato da sucção, no qual a morfologia da resina permite a passagem de flocos alongados e menores pelas malhas da peneira, constatado pelas fotos realizadas em microscópio.

A metodologia por difração a laser mede todo o diâmetro da partícula e aproxima ao diâmetro de uma esfera, e a partícula não sofre esforço mecânico tendo, com isso, uma maior precisão nos resultados.

Logo, conclui-se que a metodologia de difração a laser é a mais adequada para se determinar o perfil granulométrico da resina, pois além da possibilidade de uma maior varredura e expressão de dados de tamanho de partícula, apresenta também a possibilidade de analisar bateladas em lama (resina úmida), com um menor tempo de resposta de análise. Porém, faz-se necessário a adequação da especificação vigente em função da morfologia ou realizando alterações na morfologia atual, pois de acordo com os resultados, verifica-se que o PVC apresenta características diferentes de acordo com a metodologia utilizada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIR JET LS E200 - Manual do Equipamento de Peneira a Jato de Ar.

ASTM (American Society for Testing Materials), Norma D-1921, 2018.

CARVALHO, S.H.V, 1998, “Projeto e Análise de um Sedimentador Lamelado Piloto para Suspensões Floculentas”, Tese D.Sc., apresentada ao PEQ/COPPE/UFRJ, 80p.

BRASKEM, 2018 - Disponível em: [Https://www.braskem.com.br/catalogo-de-produtos?key=33](https://www.braskem.com.br/catalogo-de-produtos?key=33) – Acessado no dia 28/12/2018.

FERNANDES E DIACENCO, 2010 - Disponível em: [Http://www.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/372/246](http://www.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/372/246) – Acessado no dia 26/12/2018.

INSTITUTO DO PVC, 2011 - Disponível em: [Http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=39&subcanal_id=43](http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=39&subcanal_id=43) – Acessado no dia 10/12/2018.

JILLAVENKATESA, A.; DAPKUNAS S. J.; LUM L.H. GOETZEL, G. C. Particle Size Characterization, NIST Recommended Practice guide - Special Publication 960-1, Washington, 2001.

K. M. S. VIANA; E. O. VILAR, H. L. LIRA, T. J. A MELO, E. M. A. FILHO, Avaliação do desempenho do compósito amianto/polietileno durante a eletrólise da salmoura, Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.3.3 (2008) 12-19 ISSN 1809-8797.

LIMA, R.M.F. E DA LUZ, J.A.M., Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: lei de Stokes. Rev. Escola de Minas, v. 54, n. 2, Ouro Preto, abr/jun., 2001.

MASTERSIZER 2000 - Manual do Equipamento de Difração a Laser da Malvern.

NUNES, L.R., Tecnologia do PVC. 1ª ed., São Paulo, Pro Editores Associados Ltda/Braskem, 2002.

NUNES, L.R. Tecnologia do PVC. 2ª ed., São Paulo, Pro Editores Associados Ltda/Braskem, 2006.

RAWLE, A. Basic Principles of Particle Size Analysis. Disponível em <<http://www.malvem.co.uk>>. Acessado no dia 20/12/2018.