



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE SUSPENSÕES DE NANOPARTÍCULAS DE
PRATA (AgNP) NA ERRADICAÇÃO DE BACTÉRIAS E FUNGOS ENCONTRADOS
EM MATERIAL PARTICULADO**

Paula de Freitas Rosa

SÃO CARLOS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE SUSPENSÕES DE NANOPARTÍCULAS DE
PRATA (AgNP) NA ERRADICAÇÃO DE BACTÉRIAS E FUNGOS ENCONTRADOS
EM MATERIAL PARTICULADO**

Paula de Freitas Rosa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos.

Orientadora : Prof^a Dr^a Monica Lopes Aguiar

Coorientador: Prof. Dr. André Bernardo

SÃO CARLOS

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

R788ae Rosa, Paula de Freitas.
Avaliação dos efeitos de suspensões de nanopartículas de prata (AgNP) na erradicação de bactérias e fungos encontrados em material particulado / Paula de Freitas Rosa. -- São Carlos : UFSCar, 2014.
100 f.


Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Filtração. 2. Nanopartículas de prata. 3. Bioaerossóis. I. Título.

CDD: 660.284245 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
PAULA DE FREITAS ROSA APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS, EM 17 DE FEVEREIRO DE 2014.

BANCA EXAMINADORA:


Mônica Lopes Aguiar
Orientador, UFSCar


André Bernardo
Coorientador, UFSCar


Eduardo Hiromitsu Tanabe
UFSM


Gabriela Cantarelli Lopes
UFSCar


Emerson Rodrigues de Camargo
UFSCar

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
PAULA DE FREITAS ROSA APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS, EM 17 DE FEVEREIRO DE 2014.

BANCA EXAMINADORA:


Mônica Lopes Aguiar
Orientador, UFSCar


André Bernardo
Coorientador, UFSCar


Eduardo Hiromitsu Tanabe
UFSM


Gabriela Cantarelli Lopes
UFSCar


Emerson Rodrigues de Camargo
UFSCar

Aos meus pais

A quem devo a existência, a formação e os ensinamentos da vida.

À minha família, amigos e noivo

Pela dedicação, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a vida e saúde para que este trabalho pudesse ser concretizado.

Aos meus pais Paulo Sérgio e Arinete por todo apoio na minha vida acadêmica e por serem meus exemplos de luta, honestidade e força; agradeço pelo carinho e apoio em todas as horas.

Aos meus irmãos Michaela, Daniel e Lucas por ouvirem meus desabafos e sempre me apoiarem nesta caminhada.

À Luiza, minha sobrinha, pelas alegrias proporcionadas.

Ao Lucas pela companhia, amor e incentivo nos momentos em que pensei que não seria capaz.

Às famílias Freitas e Rosa que mesmo distantes sempre me apoiaram e me incentivaram a seguir em frente.

À família Remiro, pela paciência e apoio.

Aos meus cunhados e cunhadas pelo constante incentivo.

Aos companheiros e amigos de laboratório, Samirys, Priscila, Tatiane, João, João Victor, Paula, Ana Cláudia, Bruno e Alcione pela agradável companhia.

Aos amigos da salinha da ambiental e do laboratório de Cristalização, Liliana, Gabriel, Gladson, Cadu, Dimas, Cristian, Nayza e Maribel por tornar esta jornada mais leve.

Aos amigos do CS que me proporcionaram muitos momentos de alegria e descontração.

Ao pessoal da Bioquímica, Carol, Jorge, Cecília, Lili, Mateus, Renata, Jéssica, Ana Maria e outros, pelo apoio e pelas discussões proporcionadas.

Aos amigos de Jaboticabal que entenderam a minha ausência em diversos momentos durante estes dois anos, Renata, Pedro, Alana, Du, Jéssica e Thais.

Aos amigos conquistados durante o curso de mestrado que com certeza serão lembrados para sempre, Marcos, Liliana, Jú, Cássia e Morgana.

Às minhas companheiras de república, Bianca, Jéssica, Renata, Isabela e todas as outras que passaram por lá e contribuíram de alguma forma.

Aos funcionários do DEQ, Marcos, Oscar, Alcione e Evelin meus agradecimentos por todo suporte para que este trabalho pudesse ser concretizado.

À professora Mônica pela orientação, disposição e apoio em todas as etapas deste trabalho.

Ao professor André pela coorientação e por todas as discussões e ajudas proporcionadas.

Ao professor Alberto pela disponibilização do laboratório.

À todos os professores que fizeram parte desta longa caminhada, sem vocês, seria impossível eu chegar até aqui. Agradeço especialmente ao professor Edenir que me fez dar os primeiros passos na ciência.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Engenharia Química da UFSCar pela estrutura e equipamentos utilizados para que este trabalho pudesse ser efetuado.

Gostaria de reiterar aqui meus sinceros agradecimentos a todos os acima citados e a todos que não mencionei neste texto, mas que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito obrigada!

*“Quando nada parece ajudar,
eu olho o cortador de pedras martelando sua rocha
talvez cem vezes sem que nem uma só rachadura apareça.
No entanto, na centésima primeira martelada,
a pedra se abre em duas
e eu sei que não foi aquela que a conseguiu,
mas todas as que vieram antes”*

Jacob Riis.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| <i>LISTA DE FIGURAS</i> | <i>I</i> |
| <i>LISTA DE TABELAS</i> | <i>V</i> |
| <i>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</i> | <i>VIII</i> |
| <i>RESUMO</i> | <i>IX</i> |
| <i>ABSTRACT</i> | <i>X</i> |
| <i>1. INTRODUÇÃO</i> | <i>1</i> |
| <i>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i> | <i>3</i> |
| 2.1. <i>Qualidade do ar de interiores</i> | <i>3</i> |
| 2.2. <i>Bioaerossóis</i> | <i>5</i> |
| 2.2.1. <i>Contaminantes Microbiológicos</i> | <i>7</i> |
| 2.2.2. <i>Métodos de Quantificação Direta do Crescimento Microbiano</i> | <i>10</i> |
| 2.3. <i>Nanopartículas</i> | <i>13</i> |
| 2.3.1. <i>Propriedades óticas de materiais em escala nanométrica</i> | <i>13</i> |
| 2.3.2. <i>Nanopartículas de prata</i> | <i>14</i> |
| 2.4. <i>Métodos de análise de nanopartículas</i> | <i>15</i> |
| 2.4.1. <i>Microscopia eletrônica de varredura</i> | <i>15</i> |
| 2.4.2. <i>Microscopia Eletrônica de Transmissão</i> | <i>16</i> |
| 2.4.3. <i>Espectrometria de Absorção Molecular na região do Ultravioleta – Visível</i> <i>(EAM UV-Vis)</i> | <i>16</i> |
| 2.5. <i>Efeito biocida da prata</i> | <i>17</i> |
| 2.6. <i>Caracterização dos Filtros</i> | <i>18</i> |
| 2.6.1. <i>Meios Filtrantes</i> | <i>18</i> |
| 2.6.1.1. <i>Filtros Trançados</i> | <i>19</i> |
| 2.6.1.2. <i>Filtros não trançados</i> | <i>19</i> |
| 2.6.2. <i>Filtração de gases</i> | <i>20</i> |
| 2.6.3. <i>Permeabilidade do meio filtrante</i> | <i>21</i> |
| 2.6.4. <i>Perda de carga no filtro</i> | <i>21</i> |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.6.5. | Eficiência de coleta..... | 22 |
| 3. | <i>MATERIAL E MÉTODOS</i> | 26 |
| 3.1. | <i>Análises visando à escolha do filtro</i> | 26 |
| 3.1.1. | Meios Filtrantes..... | 26 |
| 3.1.2. | Teste de permeabilidade dos meios filtrantes..... | 26 |
| 3.1.2. | Amostrador Aerocet – 531..... | 27 |
| 3.1.3. | Testes de Eficiência..... | 28 |
| 3.1.4. | Critérios para escolha do melhor filtro..... | 29 |
| 3.2. | <i>Local de coleta</i> | 29 |
| 3.3. | <i>Coleta do Bioaerossol</i> | 30 |
| 3.4. | <i>Preparo das Nanopartículas de Prata</i> | 32 |
| 3.5. | <i>Técnicas de Análise das Nanopartículas</i> | 33 |
| 3.5.1. | Microscopia Eletrônica de Varredura..... | 33 |
| 3.5.2. | Microscopia Eletrônica de Transmissão..... | 33 |
| 3.5.3. | Espectrometria de Absorção Molecular na região do Ultravioleta – Visível (EAM UV-Vis)..... | 33 |
| 3.6. | <i>Impregnação dos filtros</i> | 33 |
| 3.7. | <i>Preparo dos meios de cultura, das placas de Petri e contagem dos micro-organismos</i> | 34 |
| 4. | <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i> | 36 |
| 4.1. | <i>Estudo dos Parâmetros utilizados para a escolha do meio filtrante</i> | 36 |
| 4.1.1. | Permeabilidade dos tecidos comerciais “brancos”..... | 37 |
| 4.1.2. | Permeabilidade dos tecidos comerciais impregnados com nanopartículas de prata..... | 39 |
| 4.1.3. | Medidas prévias e cálculo da eficiência de coleta..... | 42 |
| 4.2. | <i>Síntese das nanopartículas de prata</i> | 45 |
| 4.3. | Análise da suspensão de nanopartículas de prata através do método EAM UV-Vis..... | 46 |

| | | |
|------|---|-----------|
| 4.4. | <i>Análise da suspensão de nanopartículas de prata através do método de Microscopia Eletrônica de Transmissão.....</i> | <i>47</i> |
| 4.5. | <i>Análise da suspensão de nanopartículas de prata por meio do método de Microscopia Eletrônica de Varredura</i> | <i>49</i> |
| 4.6. | <i>Distribuição granulométrica de nanopartículas de prata utilizando um equipamento de filtração acoplado a um contador SMPS.....</i> | <i>50</i> |
| 4.7. | <i>Análise da dopagem dos filtros utilizando o método de MEV.....</i> | <i>51</i> |
| 4.8. | <i>Análise das placas dos filtros de algodão – Ensaio Preliminares.....</i> | <i>52</i> |
| 5. | <i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i> | <i>68</i> |
| 6. | <i>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</i> | <i>69</i> |
| 7. | <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i> | <i>70</i> |
| | <i>APÊNDICE.....</i> | <i>76</i> |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema representativo de uma diluição seriada | 11 |
| Figura 2: Métodos comumente utilizados para contabilização de micro-organismos..... | 12 |
| Figura 3: Espectros de dispersão de nanopartículas de prata de diferentes tamanhos | 14 |
| Figura 4: Espectros de dispersão de nanopartículas de prata de diferentes formas..... | 14 |
| Figura 5: Ilustração da superfície de um filtro não trançado..... | 19 |
| Figura 6: Ilustração da superfície de um filtro não trançado..... | 19 |
| Figura 7: Ilustração do processo de filtração gás-sólido..... | 20 |
| Figura 8: Mecanismos físicos de coleta de partículas..... | 23 |
| Figura 9: Atuação dos mecanismos de coleta com suas eficiências correspondentes..... | 25 |
| Figura 10: Sistema empregado para avaliação da perda de carga nos filtros testados..... | 27 |
| Figura 11: Equipamento utilizado para medidas de eficiência de coleta..... | 29 |
| Figura 12: Planta baixa do banheiro localizado no DEQ/UFSCar (local de coleta)..... | 30 |
| Figura 13: Equipamento utilizado para coleta do material particulado..... | 31 |
| Figura 14: Detalhes dos componentes de filtração..... | 32 |
| Figura 15: Microscopia ótica do tecido Algodão – aumento de 5x..... | 36 |
| Figura 16: Microscopia ótica do tecido Malha PV – aumento de 5x..... | 36 |
| Figura 17: Microscopia ótica do tecido Poliéster – aumento de 5x..... | 37 |
| Figura 18: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Malha PV..... | 38 |
| Figura 19: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Algodão..... | 38 |
| Figura 20: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Poliéster..... | 39 |
| Figura 21: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Malha PV impregnado com nanopartículas de prata..... | 40 |
| Figura 22: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Algodão impregnado com nanopartículas de prata..... | 40 |
| Figura 23: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Poliéster impregnado com nanopartículas de prata..... | 41 |
| Figura 24: Distribuição do material particulado no local de estudo..... | 42 |
| Figura 25: Eficiência de coleta do tecido Algodão..... | 43 |
| Figura 26: Eficiência de coleta do tecido Poliéster..... | 43 |
| Figura 27: Eficiência de coleta do tecido Malha PV..... | 44 |
| Figura 28: Suspensões de prata em diferentes tamanhos de partículas..... | 45 |

| | |
|---|----|
| Figura 29: Gráfico da distribuição da absorvância x comprimento de onda da suspensão de nanopartículas de prata. | 46 |
| Figura 30: Imagem de uma nanopartícula de prata. | 47 |
| Figura 31: Imagem das partículas contidas na suspensão de nanopartículas de prata. | 47 |
| Figura 32: Imagem das partículas contidas na..... | 48 |
| Figura 33: Microscopia Eletrônica de Transmissão acoplado ao detector EDS. | 48 |
| Figura 34: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 10.000x. | 49 |
| Figura 35: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 5.000x. | 49 |
| Figura 36: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 2.000x. | 49 |
| Figura 37: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 1.000x. | 49 |
| Figura 38: Distribuição Granulométrica das nanopartículas de prata. | 50 |
| Figura 39: Impregnação do tecido Algodão com nanopartículas de prata com aumento de 500x. | 51 |
| Figura 40: Impregnação do tecido Algodão com nanopartículas de prata com aumento de 1.000x. | 51 |
| Figura 41: Fibras de Algodão impregnadas com nanopartículas de prata com aumento de 10.000x. | 51 |
| Figura 42: Fibras de Algodão impregnadas com nanopartículas de prata com aumento de 50.000x. | 51 |
| Figura 43: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (a). | 52 |
| Figura 44: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (b). | 52 |
| Figura 45: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (a). | 53 |
| Figura 46: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (b). | 53 |
| Figura 47: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (c). | 53 |
| Figura 48: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (d). | 53 |
| Figura 49: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (c). | 54 |
| Figura 50: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (d). | 54 |
| Figura 51: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (e). | 54 |
| Figura 52: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (f). | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 53: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (e)..... | 55 |
| Figura 54: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (f)..... | 55 |
| Figura 55: Placas referentes aos filtros de algodão “brancos” – Ensaio 1..... | 59 |
| Figura 56: Placas referentes aos filtros de algodão impregnados – Ensaio 1..... | 59 |
| Figura 57: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de algodão– Ensaio 1..... | 59 |
| Figura 58: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnados– Ensaio 1..... | 60 |
| Figura 59: Placas referentes aos filtros de algodão “brancos” – Ensaio 2..... | 60 |
| Figura 60: Placas referentes aos filtros de algodão impregnados – Ensaio 2..... | 60 |
| Figura 61: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de algodão– Ensaio 2..... | 61 |
| Figura 62: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado..... | 61 |
| Figura 63: Placas referentes aos filtros de algodão “brancos” – Ensaio 3..... | 61 |
| Figura 64: Placas referentes aos filtros de algodão impregnados – Ensaio 3..... | 62 |
| Figura 65: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de algodão– Ensaio 3..... | 62 |
| Figura 66: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado..... | 62 |
| Figura 67: Placas referentes aos filtros de Malha PV “brancos” – Ensaio 1..... | 63 |
| Figura 68: Placas referentes aos filtros de Malha PV impregnados – Ensaio 1..... | 63 |
| Figura 69: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de Malha PV– Ensaio 1..... | 63 |
| Figura 70: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado..... | 64 |
| Figura 71: Placas referentes aos filtros de Malha PV “brancos” – Ensaio 2..... | 64 |
| Figura 72: Placas referentes aos filtros de Malha PV impregnados – Ensaio 2..... | 64 |
| Figura 73: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de Malha PV– Ensaio 2..... | 65 |
| Figura 74: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado..... | 65 |
| Figura 75: Placas referentes aos filtros de Malha PV “brancos” – Ensaio 3..... | 65 |
| Figura 76: Placas referentes aos filtros de Malha PV impregnados – Ensaio 3..... | 66 |
| Figura 77: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de Malha PV– Ensaio 3..... | 66 |

Figura 78: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado.....66

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Fontes típicas de poluição de ambientes internos..... | 4 |
| Tabela 2: Principais características, fontes e potenciais efeitos adversos causados por bioaerossóis..... | 6 |
| Tabela 3: Características de alguns grupos de micro-organismos estudados em microbiologia. | 8 |
| Tabela 4: Permeabilidade Darciana dos tecidos “brancos” e tabelas..... | 41 |
| Tabela 5: Correlação entre tamanho de nanopartículas e prata e comprimento de onda na análise por EAM UV-Vis. | 46 |
| Tabela 6: Teor de massa seca obtido no primeiro ensaio do tecido algodão..... | 56 |
| Tabela 7: Teor de massa seca obtido no segundo ensaio do tecido algodão..... | 56 |
| Tabela 8: Teor de massa seca obtido no terceiro ensaio do tecido algodão..... | 56 |
| Tabela 9: Teor de massa seca obtido no primeiro ensaio do tecido Malha PV..... | 57 |
| Tabela 10: Teor de massa seca obtido no segundo ensaio do tecido Malha PV..... | 57 |
| Tabela 11: Teor de massa seca obtido no terceiro ensaio do tecido Malha PV..... | 57 |
| Tabela 12: Porcentagens de erradicação de micro-organismos..... | 58 |
| Tabela 13: Média das porcentagens de erradicação e desvios correspondentes..... | 58 |
| Tabela A 1: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (a). | 77 |
| Tabela A 2: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (b). | 77 |
| Tabela A 3: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (c). | 78 |
| Tabela A 4: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (d). | 78 |
| Tabela A 5: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (a). | 79 |
| Tabela A 6: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (b). | 79 |
| Tabela A 7: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (c). | 80 |
| Tabela A 8: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (d). | 80 |

| | |
|--|----|
| Tabela A 9: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (a). | 81 |
| Tabela A 10: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (b). | 81 |
| Tabela A 11: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (c). | 82 |
| Tabela A 12: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (d). | 82 |
| Tabela A 13: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (a)..... | 83 |
| Tabela A 14: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (b). | 83 |
| Tabela A 15: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (c)..... | 84 |
| Tabela A 16: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (d). | 84 |
| Tabela A 17: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (a)..... | 85 |
| Tabela A 18: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (b). | 85 |
| Tabela A 19: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (c)..... | 86 |
| Tabela A 20: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (d). | 86 |
| Tabela A 21: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (a)..... | 87 |
| Tabela A 22: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (b). | 87 |
| Tabela A 23: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (c)..... | 88 |
| Tabela A 24: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (d). | 88 |
| Tabela A 25: Resultados utilizados para definição do tamanho do material particulado utilizado para medida de eficiência de coleta..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| Tabela A 26: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido MALHA PV (a)..... | 90 |
| Tabela A 27: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido MALHA PV (b). | 91 |
| Tabela A 28: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido ALGODÃO (a)..... | 92 |
| Tabela A 29: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido ALGODÃO (b)..... | 93 |
| Tabela A 30: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido POLIÉSTER (a)..... | 94 |
| Tabela A 31: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido POLIÉSTER (b). | 95 |
| Tabela A 32: Resultados obtidos por espectroscopia de absorção molecular das nanopartículas de prata. | 96 |
| Tabela A 33: Resultados utilizados para construção dos gráficos de distribuição granulométrica das nanopartículas de prata..... | 97 |
| Tabela A 34: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Algodão– Ensaio 1. | 98 |
| Tabela A 35: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Algodão– Ensaio 2. | 98 |
| Tabela A 36: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Algodão– Ensaio 3. | 99 |
| Tabela A 37: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Malha PV – Ensaio 1. | 99 |
| Tabela A 38: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Malha PV – Ensaio 2. | 100 |
| Tabela A 39: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Malha PV – Ensaio 3. | 100 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------|---|
| AgNP | Nanopartículas de Prata |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| COV's | Compostos Orgânicos Voláteis |
| DEMA | Departamento de Engenharia de Materiais |
| DNA | Ácido Desoxirribonucleico |
| EPA | Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) |
| HPA | Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos |
| LCE | Laboratório de Caracterização Estrutural |
| MET | Microscopia Eletrônica de Transmissão |
| MEV | Microscopia Eletrônica de Varredura |
| MP | Material Particulado |
| MPT | Material Particulado Total |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| QAI | Qualidade do Ar de Interiores |
| RE | Resolução |
| RNA | Ácido ribonucleico |
| UFC | Unidade Formadora de Colônia |
| UFSCar | Universidade Federal de São Carlos |
| UV-Vis | Ultravioleta Visível |
| VMR | Valor Máximo Recomendável |
| ΔP | Queda de Pressão |

RESUMO

ROSA, Paula de Freitas. (2014). **Avaliação dos efeitos de suspensões de nanopartículas de prata (AgNP) na erradicação de bactérias e fungos encontrados em material particulado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

O monitoramento da qualidade de ar interno (QAI) é um assunto que vem se difundindo nas pesquisas atuais. Os objetivos destas pesquisas comumente são o desenvolvimento de metodologias para identificar possíveis fontes de poluição em diferentes locais. Entretanto, poucos são os estudos que abordam o desenvolvimento de metodologias que tentam amenizar os efeitos da poluição em ambientes fechados. Com base nesta problemática, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de filtros impregnados com nanopartículas de prata na eliminação de bactérias e fungos (bioaerossóis) presentes no material particulado de ambientes internos, uma vez que se sabe que partículas nanométricas de prata possuem pronunciado efeito bactericida e fungicida. Para alcançar este objetivo foram adquiridos em centros comerciais tecidos considerados comuns e estes foram avaliados em termos de suas propriedades de filtração (permeabilidade, perda de carga, eficiência de coleta), e posteriormente foram realizadas as sínteses de nanopartículas de prata seguidas da imersão em suspensão de nanopartícula dos filtros escolhidos. Após a secagem dos mesmos foi realizada a coleta do material particulado a qual foi feita em um banheiro do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. Através dos resultados foi possível verificar que os filtros impregnados com nanopartículas de prata foram capazes de erradicar micro-organismos presentes no material particulado de forma significativa. A eliminação dos micro-organismos variou de 22 a 82% para o tecido malha PV e de 71 a 100% para o tecido algodão.

Palavras-chave: Bioaerossóis, nanopartículas de prata, filtração.

ABSTRACT

ROSA, Paula de Freitas. (2014). **Evaluation of the effects of suspensions of silver nanoparticles (AgNP) in eradicating bacteria and fungi found in the particulate material.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

The monitoring of indoor air quality (QIA) is a subject that has been disseminated in the current research. The objectives of them are the development of common methodologies to identify possible pollution agents at different locations. However, there are few works that develop methodologies in an attempt to mitigate the effects of indoor air pollution. Based on this problem, this study aimed to evaluate the effectiveness of filters doped with silver nanoparticles in the elimination of bacteria and fungi (bioaerosols) present in particulate matter from indoor environments, since it is known that nanosized silver particles have pronounced bactericidal and fungicidal effect. To achieve these goals, fabrics considered common were initially acquired in malls and were evaluated in terms of their filtration properties (permeability, loss, collection efficiency). It was subsequently performed the synthesis of silver nanoparticles suspension followed by immersion in the suspension of the chosen fabric. After drying, they were used to collect air suspended particulate material in a bathroom of the Department of Chemical Engineering of the Federal University of São Carlos. From the results it was verified that the filters doped with silver nanoparticles were able to significantly eradicate microorganisms present in air suspended particulate material. The elimination of microorganisms ranged from 22 to 82% for the mesh PV and 71 to 100% for the cotton fabric.

Keywords: bio aerosols, nanoparticles of silver, filtration.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da expectativa de vida dos seres humanos tem levado a sociedade ao aumento da preocupação com problemas relacionados à qualidade de vida. Assim como a boa alimentação, a prática de exercícios, itens já consolidados na busca do bem estar pessoal, pode-se considerar a qualidade do ar que se respira diariamente fator igualmente necessário. Desta forma, o monitoramento da qualidade do ar é algo de extrema relevância para a saúde humana.

É sabido por todos que com o avanço tecnológico e conseqüentemente com o desenvolvimento industrial, a qualidade do ar que respiramos tem gradualmente diminuído. Logo, é importante que haja o desenvolvimento de novas metodologias para reparar os danos causados por estes avanços.

Uma variável bastante interventora na Qualidade do ar interno (QAI) é a concentração de microrganismos em suspensão no ar, esta classe é denominada bioaerossóis. Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) os contaminantes biológicos possuem alto grau de importância para a caracterização da QAI. Estes contaminantes podem ser os causadores dos principais problemas de alguns ambientes fechados, como prédios e escritórios, por serem, possivelmente, os principais causadores de alergias e doenças infecciosas. Os micro-organismos presentes em locais fechados podem causar o que se denomina Síndrome do Edifício Doente (SED) definida, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), como *uma situação na qual os ocupantes ou usuários de um prédio específico apresentam sintomas sem origem determinada e sem a possibilidade de constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida* (WHO, 1989). Para que um edifício seja considerado doente, é necessário que pelo menos 20% de seus ocupantes apresentem sintomas como: irritação das mucosas, efeitos neurotóxicos, sintomas respiratórios e cutâneos e alterações dos sentidos, por no mínimo duas semanas, sendo que estes desaparecem quando o indivíduo se afasta do edifício (GIODA, 2003).

Segundo Seltzer (1994), a detecção, a identificação, o relacionamento de contaminantes específicos com doenças humanas, a remoção efetiva e a prevenção da recorrência não são fatores simples e diretos. Por este motivo, este trabalho propõe uma metodologia para a minimização de bioaerossóis (bactérias e fungos) presentes no material particulado de ambientes internos por meio da utilização de nanopartículas de prata impregnadas em filtros, especialmente para os ambientes denominados “salas limpas” onde necessita-se de um maior controle acerca dos poluentes existentes em seu interior. As

nanopartículas de prata foram escolhidas por apresentarem potencial poder biocida e este efeito estar relacionado à inativação das enzimas pela prata. Desta forma, a principal motivação para a realização deste trabalho é devido a pequena quantidade de trabalhos na área de filtração sólido-gás que façam o uso de filtros impregnados com nanopartículas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O foco principal deste trabalho é o desenvolvimento de um filtro impregnado com nanopartículas de prata que seja capaz de erradicar micro-organismos presentes em material particulado de ambientes internos. Portanto, nesta seção, será apresentada a revisão da literatura para este tema versando acerca dos conceitos gerais da qualidade do ar, do monitoramento indoor, de bioaerossóis, da síntese de nanopartículas, do efeito biocida da prata, dos meios filtrantes, da permeabilidade, da perda de carga e da eficiência de coleta dos mesmos.

2.1. Qualidade do ar de interiores

Segundo Wang et al. (2007) o ar interno (ou ambiente indoor) corresponde às habitações, escritórios, escolas e hospitais. O estudo de sua qualidade configura-se como algo relevante, uma vez que, há um aumento gradativo na construção de edificações absolutamente fechadas (desprovidos de ventilação natural) por motivos de ruídos, de climatização e até mesmo estéticos. Segundo Gioda e Aquino Neto (2003) este aumento no número de construções faz com que as pessoas fiquem, cada vez mais, grande parte dos seus dias nestes locais, o que ocasiona o aumento de problemas relacionados à qualidade do ar em ambientes internos.

A motivação para o desenvolvimento de estudos na área de QAI é proveniente da descoberta de que, em ambientes fechados, as trocas de ar são diminutas, o que acarreta um aumento na concentração de contaminantes biológicos nestes ambientes.

Estudos da EPA (Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) sugerem que a concentração de poluentes em ambientes internos pode ser até cinco vezes maior do que em ambientes externos (dados da OMS) e, um dos motivos que pode levar a este fato é a não higienização dos aparelhos de ar condicionado e a falta de controle periódico das possíveis fontes de contaminação (SCRIMER et al.,2011).

Fontes, tipos e indicadores de poluição

Segundo Brickus e Aquino Neto (1999), um dos maiores contribuintes da poluição dos ambientes internos são os próprios homens que neles habitam. Esta contaminação não é somente proveniente da liberação de dióxido de carbono pela respiração, ou de substâncias químicas excretadas pela transpiração, mas devido também ao transporte de micro-organismos (bactérias, fungos, vírus e ácaros). Outros fatores que igualmente contribuem para a poluição nos ambientes internos são as atividades diárias desenvolvidas pelos homens, tais como pintar, cozinhar e limpar, as quais contribuem para a dinâmica de poluição do ar nesse tipo de ambiente.

Na Tabela 1 estão apresentadas as fontes típicas de poluição do ar em ambientes internos. Nesse tipo de sistema são incluídos materiais de construção, de acabamento e de escritórios.

Tabela 1: Fontes típicas de poluição de ambientes internos.

| Ambiente | Fontes | Poluentes |
|--------------------|--------------------------------------|--|
| Residência | Fumo | Partículas respiráveis, CO, COVs, nicotina, HPA, nitrosaminas, NO ₂ |
| | Fogão a gás | NO ₂ , CO, hidrocarbonetos gasosos |
| | Fogão a lenha | Partículas respiráveis, CO, HPA, NO ₂ |
| | Materiais de construção e mobiliário | Formaldeído, COVs, radônio |
| | Superfície e materiais úmidos | Agentes biológicos |
| | Atividade de limpeza | Partículas respiráveis, COVs |
| Escritório | Fumo | Partículas respiráveis, CO, COVs, nicotina, HPA, nitrosaminas, NO ₂ |
| | Material de construção e mobiliário | Formaldeído, COVs, radônio |
| | Ar condicionado | Agentes biológicos e ar externo |
| | Fotocopiadoras e impressoras a laser | COVs, partículas respiráveis e ozônio |
| | Atividade de limpeza | Partículas respiráveis e COVs |
| Transportes | Fumo | Partículas respiráveis, CO, COVs, nicotina, HPA, nitrosaminas, NO ₂ |
| | Queima de combustíveis | Material particulado, CO, COVs, HPA, aldeídos, NO ₂ |

Fonte: Adaptada de Brickus e Aquino Neto, 1999.

2.2. Bioaerossóis

Dentre os principais poluentes do ar interno, destacam-se tanto contaminantes de origem não biológica tais como o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido e o dióxido de nitrogênio, o dióxido de enxofre, o ozônio, os materiais particulados, a fumaça de cigarro e os compostos orgânicos voláteis, quanto os de origem biológica os denominados bioaerossóis (bactérias, fungos, etc.). Bioaerossóis são definidos como poluentes biológicos que se encontram suspensos na atmosfera (SCRIMER et al.,2011).

Na Tabela 2 estão apresentadas as principais características, fontes e potenciais efeitos adversos causados por bioaerossóis.

Inúmeros trabalhos na literatura relatam a preocupação com a contaminação de bioaerossóis e a seguir serão mencionados alguns dos mais relevantes. Lee *et al* (2012) avaliaram a concentração de micro-organismos no ar em sete locais públicos, os quais foram medidos por meio de um método padrão fornecido pelo Ministério do Ambiente da República da Coreia. Foram medidos também os teores de bioaerossóis outdoor a fim de serem comparados com os valores encontrados no ambiente indoor (no interior dos locais). Variações sazonais foram observadas onde as concentrações de bioaerossóis encontradas variaram de 287 ± 21 a 770 ± 191 e 46 ± 15 a 360 ± 44 UFC/m³(unidades formadoras de colônia por metro cúbico de ar) no verão e no inverno, respectivamente.

Fujii (2006) avaliou a qualidade do ar interno em duas estações de metrô de São Paulo. Neste estudo o autor encontrou, no material particulado, fungos considerados comuns. No entanto, os contaminantes físicos e químicos encontrados em altas concentrações, podem ter acarretado na exposição dos usuários e funcionários dos metrôs a infecções e alergias.

Lee e Jo (2006) avaliaram a qualidade do ar em diferentes andares de apartamentos em uma cidade da Coréia e concluíram que não há diferença significativa nas concentrações de bactérias e fungos em se tratando dos andares dos apartamentos. Contudo, encontraram valores entre 10 e 1000 UFC/m³, sendo que os valores mais altos estão acima dos valores previstos pela ANVISA.

No Brasil, a lei que rege os valores acerca de contaminantes biológicos é a RE/ANVISA nº9 de 2003, a qual recomenda, para contaminação biológica, o valor máximo recomendável (VMR) de 750 UFC/m³.

Tabela 2: Principais características, fontes e potenciais efeitos adversos causados por bioaerossóis.

| Tipo de Microorganismo | Unidade de Transmissão | Exemplo de Fonte | Efeito Primário nos | Tipo de Vida | Principal fonte no ambiente |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Bactéria | Organismos | <i>Legionella</i> | Pneumonia | Parasita facultativo | Torres de resfriamento |
| | Esporos | <i>Thermoacti</i> | Hipersensitividade para | Saprófita | Fonte de água quente, |
| | Produtos | <i>Nomyces</i> Proteases | Asma | - | Reservatórios com água parada, |
| | | Endotoxina | Febre, calafrios | - | processos industriais |
| Fungos | Organismos | <i>Sporobolomyces</i> | Hipersensitividade para | Saprófita | Superfícies úmidas |
| | Esporos | <i>Alternaria</i> | Asma, rinite | Saprófita | Ar exterior e superfícies |
| | Esporos | <i>Histoplasma</i> | Infecção sistêmica | Parasita facultativo | Excrementos de pássaros |
| | Antígenos | Glicoproteínas | Asma, rinite | - | Ar exterior |
| | Toxinas | Aflatoxinas | Câncer | - | Superfícies úmidas |
| | Voláteis | Aldeídos | Dor de cabeça, irritação das | - | Superfícies úmidas |
| Protozoários | Organismos | <i>Naegleria</i> | Infecção | Parasita facultativo | Reservatórios com água |
| | Antígenos | <i>Acanthamoeba</i> | Hipersensibilidade para | - | Reservatórios com água |
| Vírus | Organismos | Influenza | Infecção respiratória | Parasita obrigatório | Fezes humanas |
| Algas | Organismos | <i>Chlorococus</i> | Asma, rinite | Autotrófico | Ar exterior |
| Plantas | Pólen | Ambrosia | Asma, rinite | Autotrófico | Ar exterior |
| Artrópodes | Fezes | Dermatophagoides | Asma, rinite | Fagotrófico | - |
| Mamíferos | Escamas da pele e saliva | Cavalos, gatos | Asma, rinite | Fagotrófico | Cavalos e gatos |

Fonte: Adaptado de Seltzer, 1994.

Nascimento (2011) avaliou a qualidade do ar em uma biblioteca pública onde concluiu que não há inadequações quanto à contaminação do ambiente, uma vez que, os valores encontrados estão abaixo dos valores previstos pela ANVISA. Os valores encontrados para ambientes internos foram de 100 a 250 UFC/m³.

No estudo da qualidade de ar interno também de bibliotecas, Obbard *et al.* (2000) identificaram valores altos de contaminantes, os quais estão acima dos valores aceitos no Brasil, com valores de 800 a 3000 UFC/m³.

2.2.1. Contaminantes Microbiológicos

Os contaminantes biológicos, tais como bactérias, fungos e ácaros, são potenciais agentes patogênicos causadores de alergias e infecções. Muitas vezes o contato com estes agentes estão relacionados a um sistema de ventilação inadequado e manutenção ruim destes locais, o que ocasiona a proliferação de micro-organismos. Outros fortemente relevantes no que tange a proliferação de agentes patogênicos são a temperatura e umidade elevadas, a liberação de gases poluentes, bem como a ausência de limpeza (FUJII, 2006).

Classificação dos micro-organismos

Considerando a estrutura celular, os micro-organismos podem ser divididos em procariontes e eucariontes. Células procarióticas não apresentam membrana nuclear separando citoplasma e núcleo e não apresentam organelas celulares delimitadas por membranas. As células eucarióticas diferenciam-se por seu tamanho maior, presença de núcleo definido e organelas envoltas por membrana. Os procariontes, representados pelas bactérias, pertencentes ao reino monera, normalmente obtêm nutrientes somente por absorção e não podem ingerir alimentos ou realizar fotossíntese. Os micro-organismos eucariontes, incluídos no reino protista, compreendem protozoários, algas e fungos. Os eucariontes e procariontes são considerados organismos porque contêm todas as enzimas indispensáveis à sua reprodução, bem como mecanismos necessários para produção de energia metabólica (JORGE, 2006).

Na Tabela 3 estão ilustradas as características dos principais grupos de micro-organismos estudados em microbiologia.

Tabela 3: Características de alguns grupos de micro-organismos estudados em microbiologia.

| Características | Vírus | Bactérias | Fungos |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|
| Células | Não | Sim | Sim |
| Diâmetro aproximado (µm) | 0,02-0,2 | 1-5 | 3- 10(leveduras) |
| Ácido Nucléico | DNA ou RNA | DNA e RNA | DNA e RNA |
| Tipo de núcleo | Nenhum | Procariótico | Eucariótico |
| Ribossomas | Ausente | 70S | 80S |
| Mitocôndria | Ausente | Ausente | Presente |
| Natureza da superfície Externa | Capsídeo Protéico e Envelope de Lipoproteína | Parede Rígida contendo Peptidoglicano | Parede rígida contendo quitina |
| Mobilidade | Nenhuma | Alguma | Nenhuma |
| Método de Replicação | Fissão Binária Ausente | Fissão Binário | Brotamento ou Mitose |

Fonte: Jorge, 2006.

Existem três maneiras dos seres vivos realizarem sua nutrição: a) fotossíntese, processo pelo qual ocorre conversão de CO₂ e água (utilizando energia da luz) em carboidratos; b) absorção, que envolve a captação de nutrientes químicos dissolvidos em água; e, c) ingestão, caracterizada pela entrada de partículas não dissolvidas em água na célula. Em 1969, Robert H. Whittaker classificou os seres vivos de acordo com sua estrutura celular e maneira como realizavam nutrição, em cinco reinos que estão descritos a seguir (JORGE, 2006).

1. Reino Monera: bactérias, incluindo-se actinomicetos e algas cianofíceas. Organismos procarióticos contendo DNA, que se reproduzem por fissão binária.
2. Reino Protista: protozoários e fitoflagelados. Células são eucarióticas e dividem-se por mitose.
3. Reino Vegetalia ou Plantae: vegetais superiores altamente organizados e algas com clorofila. São organismos autotróficos fotossintetizantes.

4. Reino Fungi: fungos, líquens e algas do gênero *Prototheca*. São células eucarióticas que não formam tecidos verdadeiros. São heterotróficos.
5. Reino Animália: seres heterotróficos, multicelulares, incluindo-se todos os animais que passam por fase de gástrula, que é uma fase presente no desenvolvimento embrionário da maioria dos animais. Na gástrula, se diferenciam os tecidos embrionários básicos, conhecidos como folhetos germinativos. (JORGE, 2006).

A seguir serão descritas, com mais detalhes, as classes que serão estudadas neste trabalho, que correspondem aos fungos e as bactérias.

Os fungos são organismos eucariontes que apresentam núcleo definido e podem ser unicelulares ou multicelulares. Alguns são microscópicos, enquanto outros são bem maiores, assim como os cogumelos que crescem na madeira ou no solo. São seres desprovidos de clorofila, não realizando, conseqüentemente, fotossíntese e alimentam-se por absorção de nutrientes do ambiente (JORGE, 2006). Os fungos verdadeiros possuem a parede celular composta de quitina. Os fungos unicelulares denominam-se leveduras as quais possuem formas ovais e são maiores que as bactérias.

Os fungos mais comumente encontrados na natureza são os bolores, os quais formam uma massa visível denominada micélio, composta por hifas (longos filamentos) que se ramificam e se expandem.

A reprodução dos fungos pode ocorrer de forma sexuada e de forma assexuada. Eles obtêm seus alimentos absorvendo os nutrientes dos ambientes, solos, água do mar, de animais ou de uma planta hospedeira (TORTORA et al. 2006).

As bactérias são organismos simples e unicelulares cujo material genético não está envolto por uma membrana. Os organismos que possuem esta última característica são denominados procariotos.

As células bacterianas apresentam diversos formatos. Os mais comuns são os bacilos (forma de bastões), os cocos (forma esférica ou ovalada), e os espirilos (forma de espiral, saca-rolhas).

As bactérias reproduzem-se normalmente pela divisão de uma célula em duas idênticas. A este processo dá-se o nome de fissão binária. Para sua nutrição, inúmeras bactérias fazem o uso de substâncias orgânicas presentes na natureza provenientes de organismos vivos e mortos. Existem bactérias que sintetizam seu próprio alimento através do processo de fotossíntese, e outras que obtêm seu alimento fazendo o uso de substâncias inorgânicas (TORTORA et al, 2006).

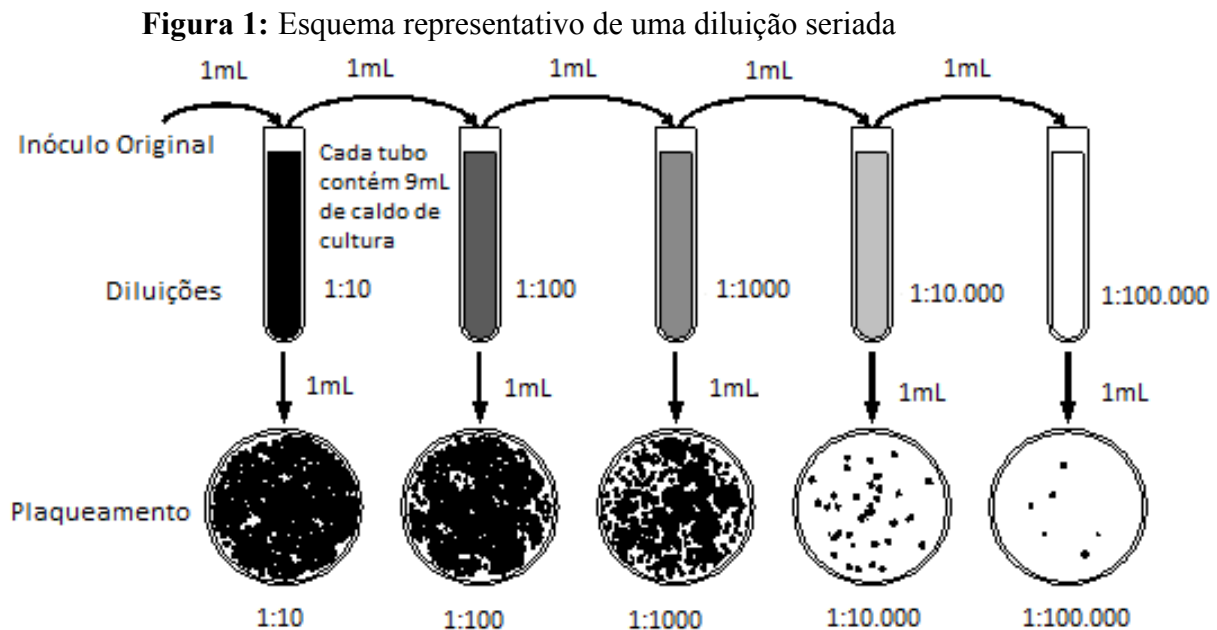
2.2.2. Métodos de Quantificação Direta do Crescimento Microbiano

Inúmeras são as metodologias utilizadas para quantificar o crescimento de população de micro-organismos. Existem métodos onde são determinados o número de organismos presentes no meio, enquanto outros determinam a massa total da biota. A contagem geralmente é efetuada levando em conta o número total de células em um mililitro de um meio na fase líquida ou a massa em grama quando se trata de um material sólido. A seguir serão relatados os principais métodos utilizados para contagem de micro-organismos (TORTORA et al, 2006).

Contagem de Placa

O método da contagem de placa é largamente empregado para determinação do tamanho da população microbiana. Uma das vantagens deste método é que as células viáveis são contabilizadas. Entretanto, a desvantagem existente neste método é relativa ao tempo despendido para o aparecimento de colônias visíveis sobre a placa. Esta demora relativa impede que este método seja aplicado em algumas áreas. O método de contagem em placa considera que cada colônia é proveniente do desenvolvimento e da reprodução de uma bactéria. Muitas vezes isto não é verdade, uma vez que, as bactérias podem se desenvolver em cadeias ou na forma de grumos (filamentos). Desta forma, conclui-se que as colônias não são originárias apenas de uma única bactéria, mas de uma cadeia de bactérias. Portanto, as contagens em placas comumente são expressas em unidades formadoras de colônia (UFC). Para a realização deste método é importante que apenas pequenas quantidades de colônias cresçam na placa (normalmente são aceitáveis de 25-250), caso contrário é imprescindível que se façam diluições seriadas, em que o inóculo é diluído em uma série de tubos de diluição. No exemplo citado na Figura 1, cada tubo de diluição subsequente conterá um décimo do número de bactérias presentes na anterior. Após serem realizadas estas diluições, as amostras contidas nos tubos devem ser transferidas para as placas de Petri contendo o meio de cultura onde ocorrerá o crescimento das colônias e a contagem. O número de colônias, posteriormente, será utilizado na determinação da quantidade de micro-organismos presentes na amostra original.

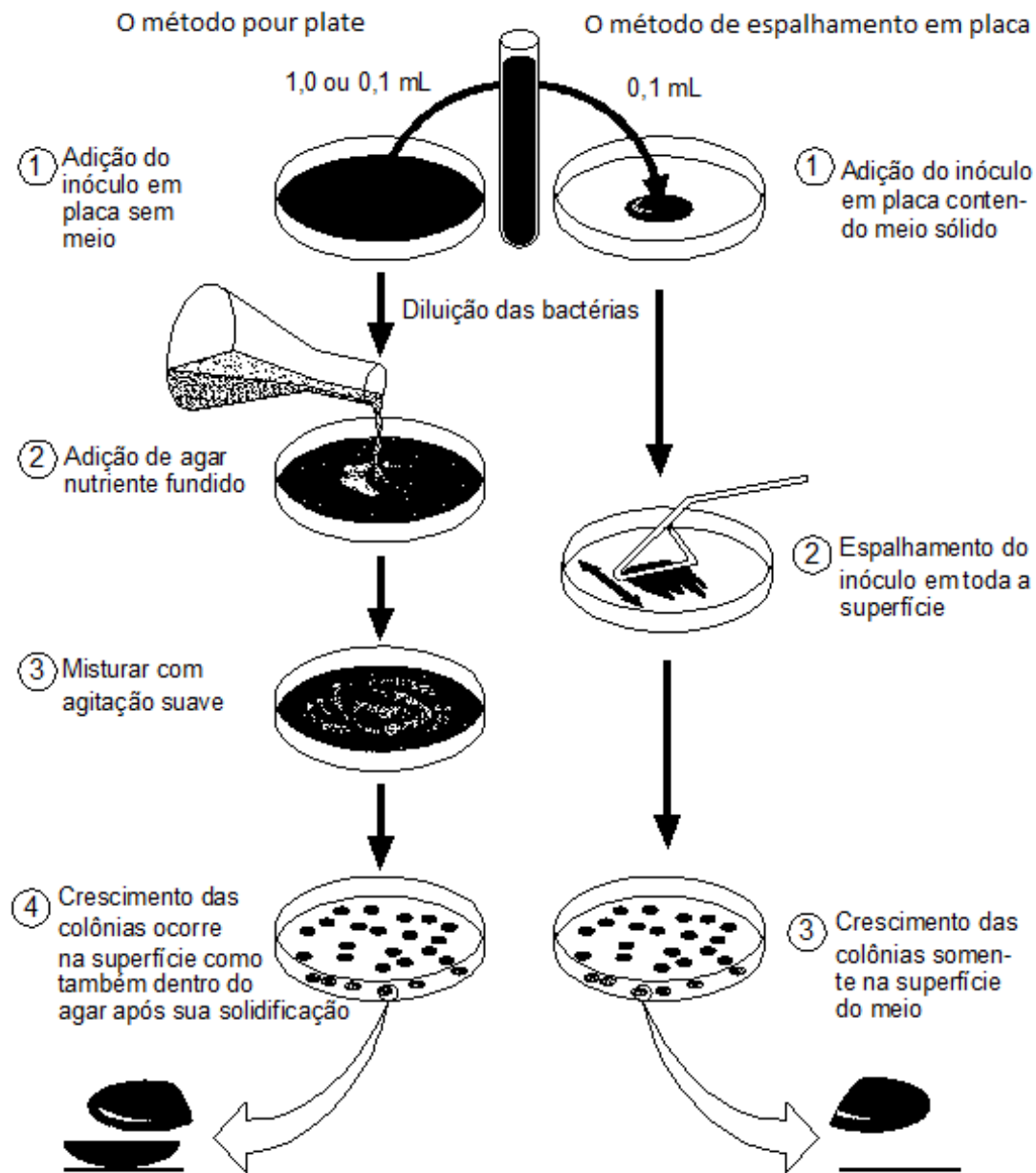
Na Figura 1 é apresentado um esquema de diluição seriada.



Fonte: Adaptado de Tortora, 2006

Após a realização da diluição seriada, é necessário efetuar a contabilização, a qual pode ser feita através do método de espalhamento em placa e *pour plate*. Na Figura 2 estão ilustrados estes dois métodos.

Na metodologia *pour plate* o inóculo pode ser realizado com um volume de 1,0 mL ou 0,1 mL da diluição diretamente na placa de Petri. O meio de cultura, mantido em banho-maria a 50 °C para impedir a solidificação do ágar, é vertido sob a amostra, que será misturada através de uma agitação branda da placa. Após a solidificação do ágar, a placa é incubada na temperatura adequada para o crescimento dos micro-organismos desejados. Esta metodologia apresenta algumas desvantagens, já que alguns micro-organismos sensíveis ao calor podem ser comprometidos pelo ágar fundido e ficarem impossibilitados de formarem colônias. Desta forma, o método frequentemente tido como o melhor é o de espalhamento em placa. Neste método, o inóculo de 0,1 mL é adicionado à superfície do meio contendo ágar já solidificado. O inóculo é, então, espalhado uniformemente na superfície através da utilização de uma alça de drigalski. Este método elimina as vantagens descritas anteriormente, ou seja, as colônias somente crescem na superfície do meio de cultura e não entram em contato com o ágar fundido. (TORTORA et al. 2006).

Figura 2: Métodos comumente utilizados para contabilização de micro-organismos.

Fonte: Adaptado de Tortora et al, 2006

Massa seca

O método de contagem de placa não demonstra resultados satisfatórios quando utilizados em bactérias filamentosas e fungos. Uma das melhores maneiras de se analisar crescimento de fungos filamentosos é por meio da determinação da massa seca (peso seco). Nesse procedimento as células são removidas do meio e são secas para posterior pesagem.

Pode-se utilizar a mesma metodologia para determinar o teor de bactérias no meio. (TORTORA,2006)

2.3. Nanopartículas

O termo “nanômetro” designa a bilionésima parte de um metro ou 10^{-9} m. As nanopartículas são agrupamentos de átomos que podem variar de 1 a 100 nanômetros (RAI *et al*, 2009). Elas apresentam uma grande área superficial, o que lhes confere um efeito mais pronunciado. Neste caso, o efeito biocida da prata torna-se mais elevado quando esta se encontra na forma de nanopartículas. Frequentemente as nanopartículas exibem propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas ou químicas distintas de partículas e superfícies macroscópicas. O aproveitamento dessas propriedades em aplicações tecnológicas forma a base da nanotecnologia (QUINA, 2004).

Existem inúmeras maneiras de sintetizar partículas nesta escala. Neste trabalho será abordado o método de Turchevic (também conhecida como método do citrato) para obtenção de nanopartículas de prata.

2.3.1. Propriedades óticas de materiais em escala nanométrica

Materiais em escala nanométricas possuem propriedades diferentes de materiais em maiores escalas. Isto se deve especialmente à sua alta razão superfície/ volume e essa característica é observada em nanopartículas de ouro, prata e cobre as quais apresentam absorções bem definidas em diferentes regiões do espectro visível, denominadas bandas *plasmon*. A banda *plasmon* corresponde a um fenômeno ótico que emerge da oscilação coletiva e simultânea dos elétrons da banda de condução do metal. As oscilações eletrônicas podem ocorrer, por exemplo, devido a interações da radiação eletromagnética. Os elétrons livres do metal oscilam de forma coesa gerando uma frequência de ressonância específica. Liz-Marzán (2004) relata em seu trabalho que apenas metais com elétrons livres (essencialmente, Au, Ag, Cu e metais alcalinos) possuem ressonâncias *plasmon* no espectro visível que dão origem a cores intensas.

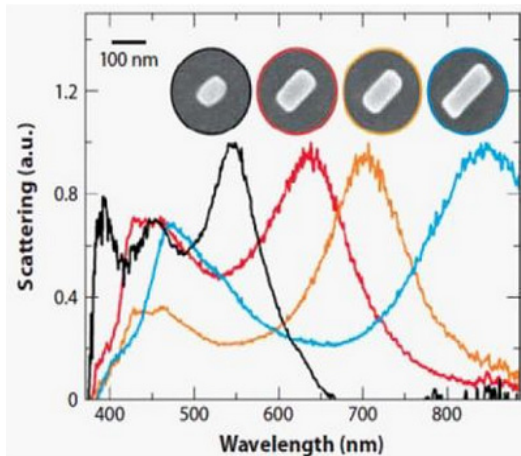
O comprimento de onda, bem como a intensidade da banda *plasmon* são dependentes de um vasto número de fatores e alguns deles estão listados a seguir:

- forma (esferas, cubos, bastões);
- tamanho das nanopartículas;

- distribuição de tamanhos;
- meio em que as partículas estão dispersas (viscosidade, dentre outros parâmetros).

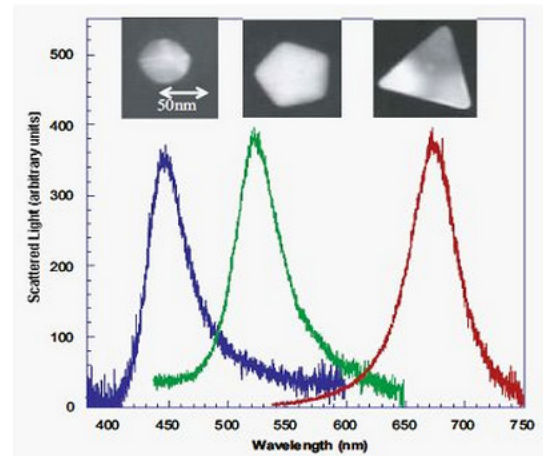
Nas Figuras 3 e 4 estão ilustrados os espectros de dispersão de nanopartículas de prata. Pode-se dizer, com base nestas figuras, que a frequência da banda *plasmon* de uma única nanopartícula metálica pode ser deslocada através de alterações na forma, tamanho e meio dispersivo.

Figura 3: Espectros de dispersão de nanopartículas de prata de diferentes tamanhos



Fonte: Lu *et al*, 2009.

Figura 4: Espectros de dispersão de nanopartículas de prata de diferentes formas.



Fonte: Mock *et al*, 2002.

2.3.2. Nanopartículas de prata

Inúmeros métodos de redução feitos por meio de sais são utilizados para a síntese de nanopartículas de prata. Essencialmente, a maioria das reações utilizam nitrato de prata (AgNO_3) como material de partida. A prata pode ser reduzida por uma série de substâncias dentre elas alguns compostos orgânicos como álcoois, carboidratos, ácido tartárico, ácido ascórbico, citrato de sódio etc.

Os métodos de redução podem variar devido a inúmeros fatores tais como a concentração dos agentes, temperatura de reação, velocidade de agitação, pH dentre outros fatores, e estes influenciam no tamanho das partículas de prata sintetizadas.

Um dos métodos mais difundidos de caracterização de nanopartículas é a espectroscopia UV-Visível e picos entre 380 e 450 nm caracterizam nanopartículas de prata.

O método usado neste trabalho para a síntese de nanopartículas de prata está apresentado a seguir.

Síntese de nanopartículas de prata pelo método do citrato de sódio

O citrato de sódio se apresenta como um agente redutor em potencial, pois trata-se de um redutor orgânico e de certa forma amigável ao meio ambiente. O método de síntese utilizando este composto mais difundido é o definido por Lee and Meisel, 1982 que faz referência ao método inicialmente proposto por Turchevic, 1951 sendo a reação entre o sal de prata e o íon citrato dada por:



O método de preparo de colóides proposto por Turchevic e colaboradores, que emprega o citrato como agente redutor, apresenta vantagens sobre outros métodos, pois trata-se de um procedimento simples, fácil, rápido, de baixo custo e seguro pois os reagentes são atóxicos e a reação pode ser realizada em sistemas aquosos, (GORUP, 2010). Mais detalhes deste método são apresentados no Capítulo 3.

2.4. Métodos de análise de nanopartículas

Nos próximos itens serão descritos os métodos de análise de nanopartículas utilizados neste trabalho.

2.4.1. Microscopia eletrônica de varredura

O Microscópio Eletrônico de Varredura suscitou um grande desenvolvimento no estudo de morfologia dos materiais, pois, produz imagens de alta resolução e ampliação o qual pode proporcionar um aumento de até 300.000 vezes. De maneira distinta dos microscópios óticos, as imagens formadas por MEV são de caráter virtual, isto é, as amostras não são vistas diretamente e as imagens provenientes da interação elétron-amostra são geradas em um monitor por meio da codificação dos sinais gerados por estas interações (MANNHEIMER, 2002).

O princípio da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura consiste na emissão de um feixe de elétrons normalmente gerado em filamento de tungstênio (embora existam outras fontes de emissão) por meio do efeito termoiônico. O feixe incidente interage com a amostra produzindo elétrons e fótons que são recolhidos por detectores e transformados em sinais de vídeo. Os sinais que apresentam maior relevância para a formação de imagens são os secundários e os retro espalhados. Os elétrons secundários são os responsáveis por formar as imagens referentes à superfície da amostra, já os elétrons retro espalhados fornecem imagens relativas à variação na composição (DEDAVID *et al*, 2007).

2.4.2. Microscopia Eletrônica de Transmissão

A Microscopia Eletrônica de Transmissão é uma ferramenta poderosa na área de ciência dos materiais. Nesta técnica, um feixe de elétrons de alta energia passa através de uma amostra muito fina, e as interações entre os elétrons e os átomos podem ser usadas para observar características como a estrutura cristalina e estruturas de forma geral. Por meio desta técnica também podem ser realizadas análises químicas das amostras. A alta resolução pode ser utilizada para analisar a qualidade, a forma e o tamanho do material estudado.

O Microscópio Eletrônico de Transmissão opera nos mesmos princípios básicos do microscópio de luz, mas usa elétrons em vez de luz e por este motivo apresenta resoluções de imagens muito melhor. Assim, este microscópio pode revelar os menores detalhes da estrutura interna - em alguns casos, tão pequenos quanto átomos individuais (David *et al*, 2009).

2.4.3. Espectrometria de Absorção Molecular na região do Ultravioleta – Visível (EAM UV-Vis)

A técnica analítica Espectrometria de Absorção Molecular na região do Ultravioleta-Visível vem sendo amplamente utilizada há mais de 50 anos. Isto é decorrente do fato de esta técnica ser largamente empregada para a determinação e identificação de inúmeras espécies moleculares inorgânicas, orgânicas e bioquímicas em diversos tipos de materiais (SKOOG *et al*, 2002). Este vasto emprego da técnica se deve à robustez, o relativo baixo custo e a alta aplicabilidade da mesma.

Esta técnica é baseada no fenômeno produzido pelas medidas de absorção moleculares em solução que sofrem transições eletrônicas devido à absorção de energia quantizada na região UV-VIS (HARRIS *et al*, 2005).

2.5. Efeito biocida da prata

Ação oligodinâmica dos metais é a capacidade de pequenas quantidades de metais pesados em exercer um efeito letal sobre as células bacterianas e virais. Metais oligodinâmicos, tais como prata e cobre vem sendo usados como desinfetantes, pois, inibem a formação de esporos de bactérias e formação da biota (Thurman & Gerba, 1988). Acredita-se que estes metais agem como desinfetantes, pois inibem o desenvolvimento desses organismos inativando suas enzimas. O mecanismo exato desta ação ainda é desconhecido, mas alguns dados sugerem que os íons metálicos modificam as proteínas das células alvo.

Shrestha *et al.* (2009) demonstraram a ação oligodinâmica de alguns metais contra bactérias Gram negativas, agentes patogênicos entéricos, isoladas a partir água potável. Este estudo explorou o uso de metais oligodinâmicos para a descontaminação da água potável utilizando vasos de prata e cobre, já que, estes metais possuem pronunciado efeito biocida.

Casagrande (2010) avaliou o efeito antimicrobiano de nanopartículas de prata, ouro, cobre e níquel sob o *Streptococcus mutans* (agente causador da cárie dentária). Em seu trabalho o autor demonstrou que a prata tem um importante efeito antimicrobiano e que este efeito é dependente de contato superficial, em que a prata pode inibir sistemas enzimáticos da cadeia respiratória e alterar a síntese de DNA. Segundo Hernandez-Sierra *et al.* (2008) a concentração mínima inibitória (CMI), para a prata, é em média, $4,86 \pm 2,71 \mu\text{g/mL}$, e as concentrações bactericidas mínimas (MBCS) são de $6,25 \mu\text{g/mL}$.

Pollini *et al.* (2011) estudaram o revestimento antibacteriano de cateteres de hemodiálise por deposição fotoquímica de nanopartículas de prata com objetivo de caracterizar as estruturas e morfologias dos cateteres e analisar a distribuição e o tamanho dos aglomerados sobre a superfície polimérica, e verificar a capacidade antibacteriana. A estrutura e morfologia das nanopartículas de prata foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura. A capacidade antimicrobiana dos cateteres após a deposição de prata foi confirmada por meio de ensaios antibacterianos com *Escherichia coli*. Foram realizadas análises de Microscopia eletrônica de varredura após a lavagem de cateteres por 30 dias em água deionizada a 37 °C. Este material foi submetido à análise termogravimétrica e à espectroscopia dispersiva de energia, a fim de verificar a resistência da impregnação com nanopartículas de prata e avaliar a capacidade antimicrobiana após o tempo máximo de duração desses dispositivos. Os autores revelam que o desenvolvimento de engenharia de superfície é promissor para a produção de cateteres seguros e com baixos riscos de infecção.

Min *et al.* (2009) avaliaram os efeitos de suspensões coloidais de nanopartículas de prata em fungos fitopatogênicos. Os resultados deste estudo revelam que as nanopartículas de prata danificam seriamente as paredes das hifas e no entanto, sugerem que o coloide possui outros efeitos celulares que ainda precisam ser avaliados. Os autores concluíram que é possível utilizar nanopartículas de prata como uma alternativa aos pesticidas químicos para erradicação de fitopatógenos.

Morones *et al.* (2005) avaliaram o efeito bactericida de nanopartículas de prata e concluíram que a prata age de três principais maneiras contra bactérias Gram-negativas:

- as nanopartículas principalmente de tamanho entre 1-10 nm anexam-se na superfície da membrana da célula e perturbam drasticamente o seu bom funcionamento, diminuindo a permeabilidade e a respiração;
- as nanopartículas são capazes penetrar no interior das bactérias e causar ainda mais danos possivelmente por interação com compostos sulfúricos e fosfóricos tais como o DNA;
- as nanopartículas liberam íons de prata, que terão contribuição adicional no efeito bactericida assim como relata Feng *et al* (2000) em seu trabalho.

2.6. Caracterização dos Filtros

Serão descritos a seguir os parâmetros permeabilidade, perda de carga e eficiência de coleta que foram utilizados para a caracterização dos filtros.

2.6.1. Meios Filtrantes

De acordo com Dickenson (1994), um meio filtrante é fundamentalmente um dispositivo para separar uma substância da outra, já que a filtração objetiva a separação entre dois componentes.

O processo de separação pode ocorrer de quatro formas distintas:

- 1-Separação sólido-líquido
- 2- Separação sólido-sólido
- 3- Separação líquido-líquido
- 4- Separação gás-sólido

Neste trabalho, o foco será apenas a filtração gás-sólido, ou seja, a filtração de gases com o objetivo de remoção de sólidos.

No cenário da indústria atual, inúmeros materiais são utilizados na confecção de meios filtrantes incluindo cerdas naturais, artificiais e sintéticas. De acordo com a maneira em que as fibras dos meios filtrantes se estruturam tem-se os diferentes meios filtrantes, que podem ser classificados como trançados e não trançados (feltros).

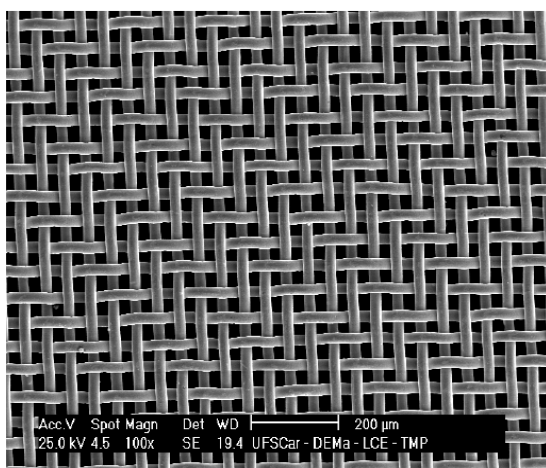
2.6.1.1. Filtros Trançados

Segundo a ABNT/TB-392 (1991), um meio filtrante trançado é uma estrutura produzida pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de trama que forma ângulos de 90° (ou próximos de 90°). O conjunto de fios que dispõem-se longitudinalmente em um plano é denominado urdume o qual forma a estrutura básica do filtro trançado, que deverá suportar o tecimento. O fio entrelaçado ao urdume é denominado trama, constituindo assim o meio filtrante trançado.

2.6.1.2. Filtros não trançados

Um filtro não trançado é constituído de uma estrutura plana, flexível e porosa. Estes tecidos são formados por mantas de fios, em que as fibras podem ser orientadas em uma direção definida ou ao acaso e consolidada por vias mecânicas, térmicas ou químicas. Nas Figuras 5 e 6 estão ilustradas as superfícies de um filtro de estrutura trançada e um não trançado respectivamente.

Figura 5: Ilustração da superfície de um filtro trançado.



Fonte: Extraído de Tanabe, 2011.

Figura 6: Ilustração da superfície de um filtro não trançado.



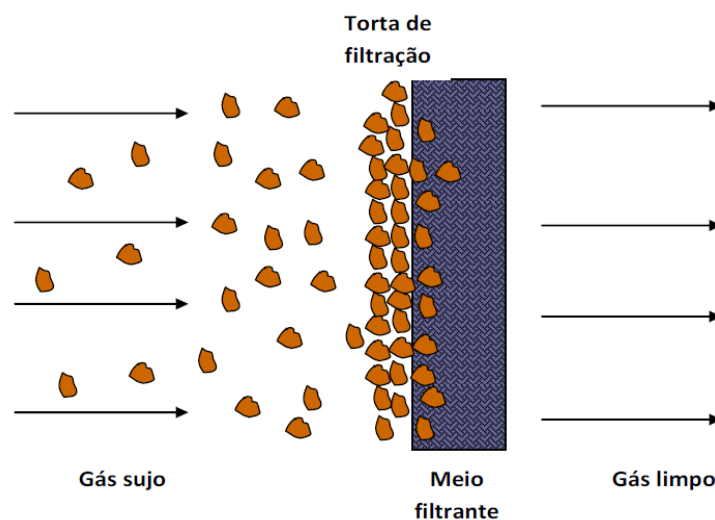
Fonte: Extraído de Tanabe, 2011.

A fabricação de tecidos não trançados inicia-se pela formação de uma manta composta de uma ou mais camadas de véu os quais são obtidos através de processos de cardagem, fluxo de ar, deposição eletrostática, suspensão em meio líquido ou por fiação direta de filamentos contínuos. Posteriormente a manta é consolidada por meio de processos químicos, utilizando resinas, secagem e polimerização; por meios mecânicos, utilizando agulhas que entrelaçam as fibras, costuras ou jatos de água ou por meios físicos utilizando calor e pressão. Devido ao processo de produção dos tecidos não trançados eles exibem muito mais poros por unidade de área que os tecidos trançados (HARDMAN, 2001).

2.6.2. Filtração de gases

A filtração de gases é uma importante operação utilizada na separação de sólidos de um gás a qual se processa através da passagem de um fluido através de um meio poroso permeável (DICKENSON, 1994). Inicialmente, as partículas que entram em contato com o meio filtrante vão sendo depositadas no interior deste meio filtrante. Este tipo de filtração é denominada de filtração interna. Posteriormente, passado um intervalo de tempo inicia-se a formação de uma camada de partículas na superfície do filtro a qual é denominada torta de filtração, que passa a ser responsável pelo depósito das demais partículas no filtro. Esta filtração recebe o nome de filtração superficial (DULLIEN, 1989). A Figura 7 apresenta uma representação do processo de filtração gás-sólido.

Figura 7: Ilustração do processo de filtração gás-sólido.



Fonte: Extraído de Tanabe, 2011.

2.6.3. Permeabilidade do meio filtrante

A permeabilidade é uma variável relevante na avaliação da qualidade do filtro. Nas aplicações de filtração, baixas permeabilidades sugerem baixas taxas de filtração, o que não representa vantagem econômica. Contudo, em alguns casos, a baixa permeabilidade pode ser interessante essencialmente nos casos onde se requer prevenção à penetração de agentes capazes de deteriorar certos materiais.

A permeabilidade é a propriedade que indica a maior ou a menor facilidade de uma corrente de fluido passar através de um meio filtrante. A complexa interação entre o fluido e o meio filtrante causa uma diferença na energia do sistema, comumente associada a queda de pressão do fluido. Desta forma, a permeabilidade não é somente propriedade do meio poroso ou do fluido, mas sim da interação dinâmica de ambos (INNOCENTINI, *et al.*, 1999).

Dentre as inúmeras equações encontradas na literatura, escolheu-se a equação decorrente da equação de Darcy (equação 2.3), da qual obtém-se a permeabilidade Darciana.

2.6.4. Perda de carga no filtro

A queda de pressão ou perda de carga é um parâmetro fundamental, que descreve a resistência do fluxo de gás ao passar pelo meio filtrante. A queda de pressão total de um sistema é determinada pela diferença da pressão entre dois pontos do filtro. Geralmente esta diferença é medida na entrada e na saída do filtro (Seville,1997). O aumento da perda de carga do sistema ocorre à medida que as partículas são depositadas durante os ciclos de filtração. Em operações de filtração, normalmente, a equação que descreve a queda de pressão total (ΔP_t) é dividida em duas partes a queda de pressão no meio filtrante (ΔP_m) e a queda de pressão devido à formação da torta de filtração (ΔP_c) descrita pela equação 2.1.

$$\Delta P_t = \Delta P_m + \Delta P_c \quad (2.1)$$

Como a espessura do meio filtrante permanece constante durante a operação de filtração tem-se:

$$\Delta P_m = k_m v_s \quad (2.2)$$

Em que k_m é a resistência específica do tecido e v_s a velocidade superficial de filtração.

Para um escoamento de um fluido incompressível viscoso, a equação de Darcy pode ser aplicada:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu}{k_1} v_s \quad (2.3)$$

Sendo ΔP correspondente à queda de pressão na direção do escoamento, μ a viscosidade do fluido, L a espessura do meio filtrante e k_1 a constante de permeabilidade Darciana.

2.6.5. Eficiência de coleta

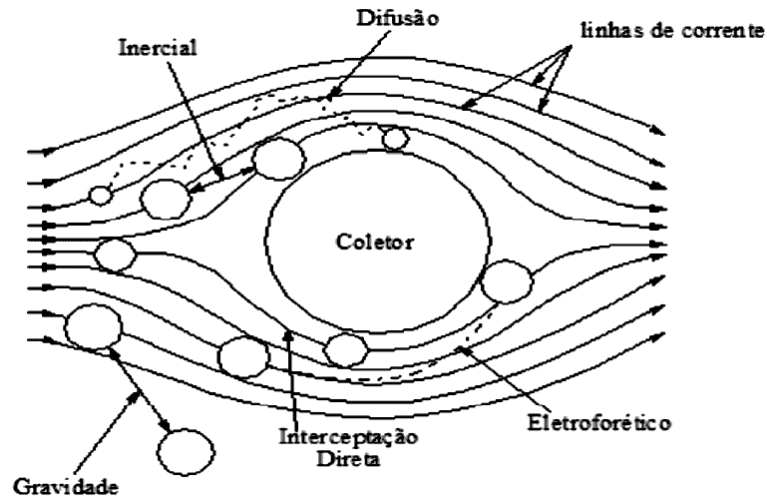
A eficiência total de coleta η_t (que inclui todos os mecanismos de coleta) pode ser representada por:

$$\eta_t = \frac{N_D}{N_C} \quad (2.4)$$

Sendo N_D correspondente ao número de partículas depositadas por unidade de tempo e N_C ao número de partículas que chegam ao coletor por unidade de tempo.

2.7. Mecanismos de coleta

O material particulado contido no gás fica depositado nas fibras do meio filtrante ao atravessá-lo. Esta deposição é proveniente da combinação de diversos mecanismos de coleta, sendo os mais importantes: o difusional, o inercial, o gravitacional, o eletroforético e a interceptação direta, ilustrados na Figura 8 e explicados a seguir.

Figura 8: Mecanismos físicos de coleta de partículas.

Fonte: Extraído de Spurny, 1998

2.7.1. Mecanismo Difusional

O mecanismo difusional de coleta de partículas é resultante do movimento aleatório (Browniano) a que as pequenas partículas estão sujeitas. Este mecanismo ocorre, predominantemente, em partículas submicrômicas, ou seja, partículas menores que $1\mu\text{m}$ e em baixas velocidades de filtração (COURY, 1986). Neste caso as partículas são tão pequenas e possuem tão pouca massa que não seguem as linhas de corrente, podendo assim, colidir com a fibra durante esta movimentação randômica e ser coletada (DONOVAN, 1985).

2.7.2. Mecanismo Inercial

Esse mecanismo é decorrente da inércia das partículas que estão presentes em uma corrente gasosa. As linhas de corrente se curvam ao passar por meio de um coletor e a capacidade da partícula de acompanhar estas linhas decresce com o aumento de sua massa, devido à inércia. Quando as partículas não conseguem seguir o fluxo do gás, acabam se chocando com as fibras do meio filtrante e, assim, ficam retidas. Este mecanismo é predominante em sistemas de altas velocidades, e quando se tem partículas com elevada massa específica, desta forma, quanto maior a energia cinética das partículas, maior a eficiência de coleta para este tipo de mecanismo (COURY, 1986; HINDS, 1999).

2.7.3. Mecanismo Gravitacional

O mecanismo gravitacional é decorrente do efeito da gravidade sob as partículas, que ocasiona um desvio de suas trajetórias. Este mecanismo é predominante para baixas velocidades do gás e grandes massas de partículas ($St > 10$). A eficiência de coleta é dependente da direção e do sentido do fluxo da corrente gasosa, uma vez que em um fluxo de cima para baixo existe a tendência das partículas serem aderidas ao coletor (COURY, 1986).

2.7.4. Mecanismo eletroforético

O mecanismo eletroforético configura-se como um mecanismo importante quando as partículas são carregadas eletricamente (STEFFENS, 2007). As forças eletrostáticas podem contribuir para o aumento da eficiência de coleta de partículas durante a filtração. Coury (1986) identificou os mecanismos de atração entre partícula e coletores. Estes mecanismos estão listados a seguir:

- atração entre partícula carregada e o coletor carregado com carga oposta (força Coulômbica);
- atração entre partícula carregada e seu dipolo-imagem no coletor;
- atração entre partícula carregada e seu dipolo-imagem na partícula;
- repulsão de uma partícula carregada por partícula vizinha com carga similar;
- atração entre partícula carregada e coletor aterrado, com carga oposta induzida por partículas vizinhas.

2.7.5. Mecanismo de interceptação direta

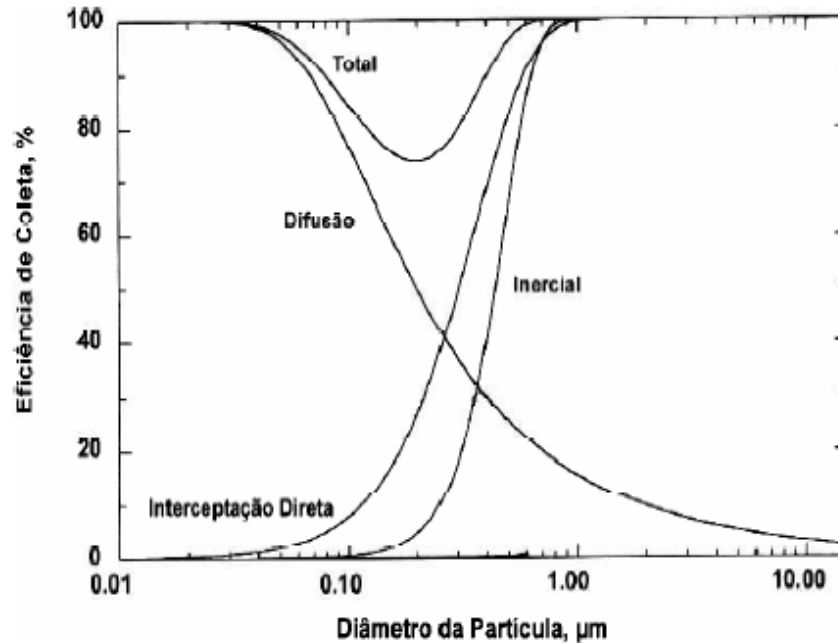
O mecanismo de interceptação direta é um mecanismo dependente do tamanho da partícula, em que a mesma é coletada quando se aproxima a uma distância igual ao seu raio. Este mecanismo é essencialmente importante quando se trabalha com partículas maiores que $1\mu\text{m}$.

2.7.6. Coleta simultânea por diversos mecanismos

Normalmente, admite-se como eficiência total de um coletor a soma de cada uma das eficiências individuais. Todavia, esta consideração não está absolutamente correta, uma vez

que há influência de um mecanismo sob o outro (COURY, 1986). A Figura 9 ilustra a eficiência de coleta de cada mecanismo em uma única fibra.

Figura 9: Atuação dos mecanismos de coleta com suas eficiências correspondentes.



Fonte: Extraído de Hinds, 1999

Nota-se através da Figura 9 que o mecanismo difusional é o mais atuante em partículas menores que 0,2 μm, enquanto os mecanismos interceptação direta e inercial são predominantes em partículas maiores que 1,0 μm.

Em posse dos conceitos, teorias e trabalhos explanados, é possível desenvolver o trabalho com melhor embasamento teórico. No capítulo seguinte será descrita a maneira com que este trabalho foi desenvolvido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão descritos os principais procedimentos e equipamentos selecionados para a coleta de amostras e avaliação dos parâmetros propostos.

3.1. Análises visando à escolha do filtro

3.1.1. *Material Particulado utilizado nos testes*

Para efetuar os testes dos parâmetros de filtração foi utilizada a rocha fosfática que possui diâmetro aerodinâmico de 1,5 μm . Este material foi escolhido por apresentar uma granulometria menor do que a granulometria do material particulado encontrado no local de estudo, podendo assim, ser aplicada com êxito.

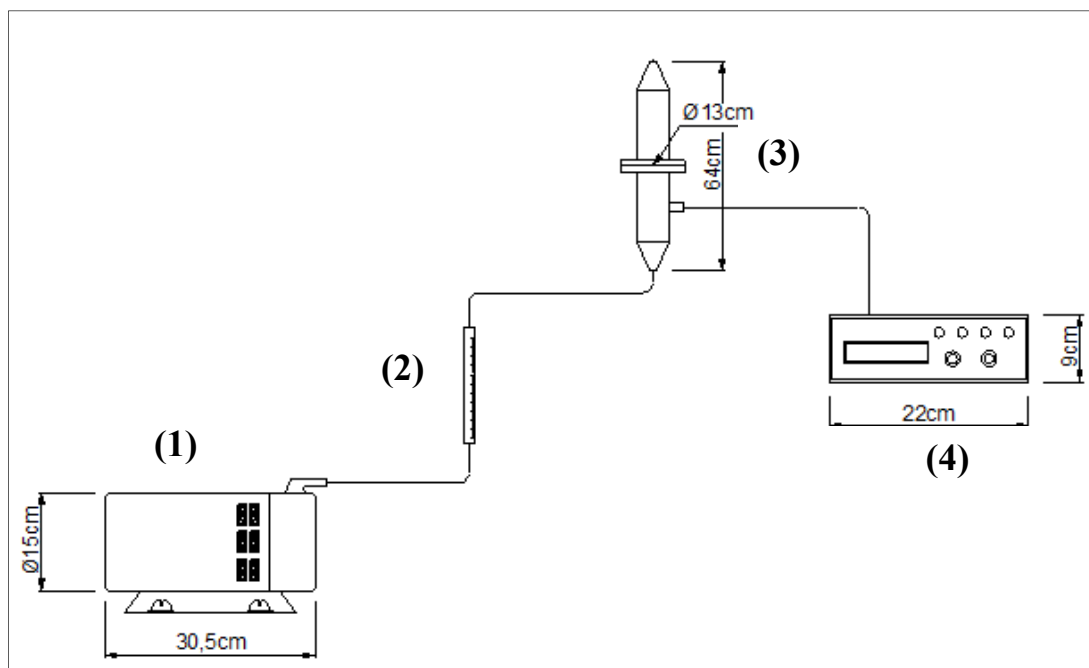
3.1.2. *Meios Filtrantes*

Os meios filtrantes utilizados foram adquiridos no comércio convencional. Foram escolhidos os tecidos Algodão, Malha PV e Poliéster por serem comuns em todos os estabelecimentos pesquisados. Outro meio filtrante utilizado foi o de celulose HEPA (High Efficiency Particulate Air), o qual foi fornecido pela empresa VECO do Brasil Indústria e Comércio de equipamentos Ltda.

3.1.3. *Teste de permeabilidade dos meios filtrantes*

A análise da perda de carga foi feita por meio do uso de um sistema composto de um manômetro, um compressor, um rotâmetro e uma bomba à vácuo. Inicialmente, os tecidos foram cortados na dimensão adequada para serem aplicados no suporte. Posteriormente, com auxílio do rotâmetro, variou-se a vazão de fluido que atravessava o meio filtrante. A cada variação efetuada, um valor para a queda de pressão era registrada para posterior cálculo de permeabilidade. Na Figura 10 é apresentado o equipamento descrito em que: (1) bomba a vácuo, (2) rotâmetro, (3) suporte dos filtros e (4) manômetro, onde são registradas as pressões. As condições operacionais utilizadas para os ensaios estão descritas nas tabelas A1 a A24 encontradas em anexo.

Figura 10: Sistema empregado para avaliação da perda de carga nos filtros testados.



Localizado: Laboratório de Controle Ambiental DEQ/UFSCAR, 2014.

Para medir a espessura dos filtros, para posterior cálculo da área, seguido do cálculo de velocidade e para futuro teste de permeabilidade, foi utilizado um microscópio ótico da marca Olympus modelo U-LDB-2, acoplado a um sistema digital de aquisição de imagens, vinculado ao software Image-Pro Plus. Para realização destes testes, inicialmente os tecidos eram cortados em pequenos pedaços e dispostos no microscópio onde foram retiradas as fotos. Após serem retiradas as fotos, com auxílio de uma régua digital, foram extraídas diferentes medidas de espessuras dos filtros. Posteriormente, fez-se uma média destas medidas as quais foram utilizadas posteriormente nos cálculos de área e velocidade.

3.1.2. *Amostrador Aerocet – 531*

Para o monitoramento do teor de material particulado presente no local de estudo foi utilizado um contador de partículas, modelo Aerocet-531 da marca Met One. Este contador de partículas funciona por meio de um sensor óptico por meio da tecnologia de dispersão de luz fazendo o uso do diodo do laser para detectar partículas, operando com uma vazão fixa de 2,83L/min. O Aerocet-531 pode gerar dois tipos de dados independentes. O primeiro corresponde à concentração de partículas nas frações MP_1 (MP é a abreviação de material particulado, já o índice numérico subscrito representa o diâmetro aerodinâmico da partícula),

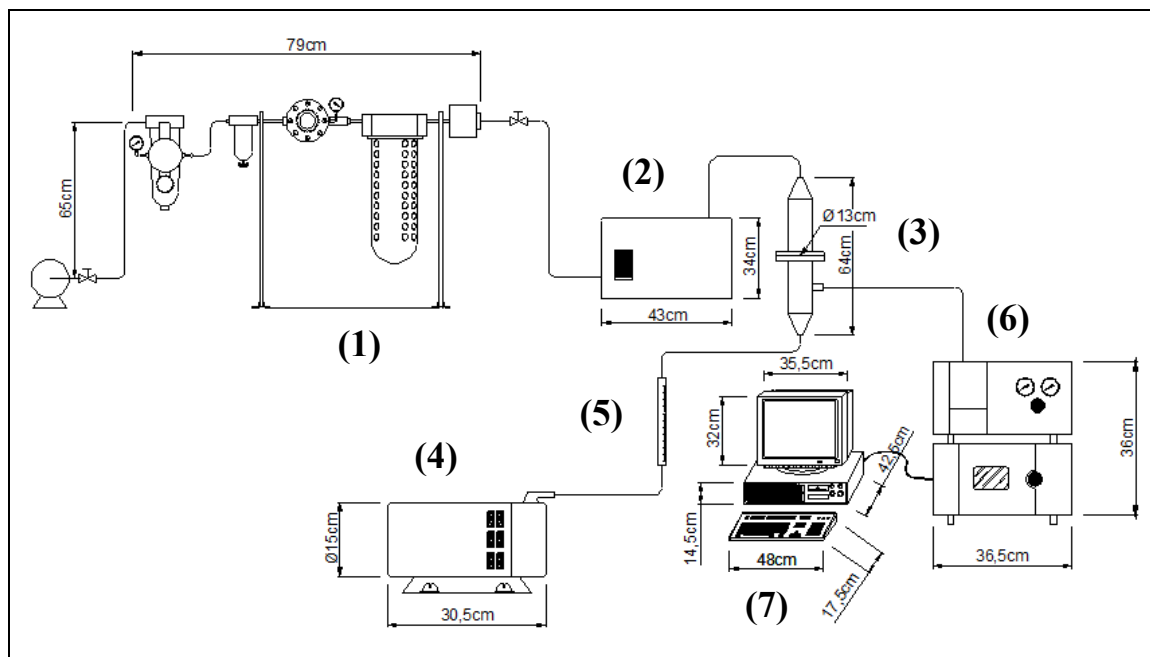
MP_{2,5}, MP₇, MP₁₀ e MPT (material particulado total), por meio de amostragens consecutivas com duração de dois minutos por ciclo e os dados são armazenados em mg/m³. Já o segundo corresponde à quantidade de partícula de tamanhos 0,5 e 5µm através da amostragem consecutiva com ciclos que duram um minuto, com armazenamento total da quantidade de partículas no final da coleta.

Os dois dados podem ser descarregados em um computador com auxílio de um programa do Aerocet. Neste trabalho fez-se a opção de trabalhar apenas com os primeiros tipos de dados destacados (frações MP₁, MP_{2,5}, MP₇ e MP₁₀ e material particulado total).

3.1.3. Testes de Eficiência

Após realizar os testes de concentração de material particulado, fazendo o uso do equipamento acima citado, e definir qual o tamanho predominante foram geradas partículas polidispersas por meio do uso de um equipamento montado no Departamento de Engenharia Química da UFSCar- São Carlos. Na Figura 11 é ilustrado um esquema do equipamento utilizado, composto por uma unidade controladora de pressão (1), alimentador de partículas (2), suporte do meio filtrante (3), bomba à vácuo (4), rotâmetro (5), contador de partículas (6) e computador (7). Neste equipamento, após o ajuste da pressão, o material particulado é alimentado e, através da sucção realizada pela bomba e controlada pelo rotâmetro, o material é depositado no meio filtrante. Para cálculo da eficiência de coleta foram avaliadas as quantidades de partículas na entrada e na saída do suporte do meio filtrante, ou seja, antes e após a passagem pelo meio filtrante sendo contabilizadas com o auxílio do contador de partículas (APS). Os dados foram armazenados no computador para posterior cálculo. As condições operacionais utilizadas para realização dos testes estão descritas nas tabelas

Figura 11: Equipamento utilizado para medidas de eficiência de coleta.



Localizado: Laboratório de Controle Ambiental DEQ/UFSCAR, 2014.

3.1.4. Critérios para escolha do melhor filtro

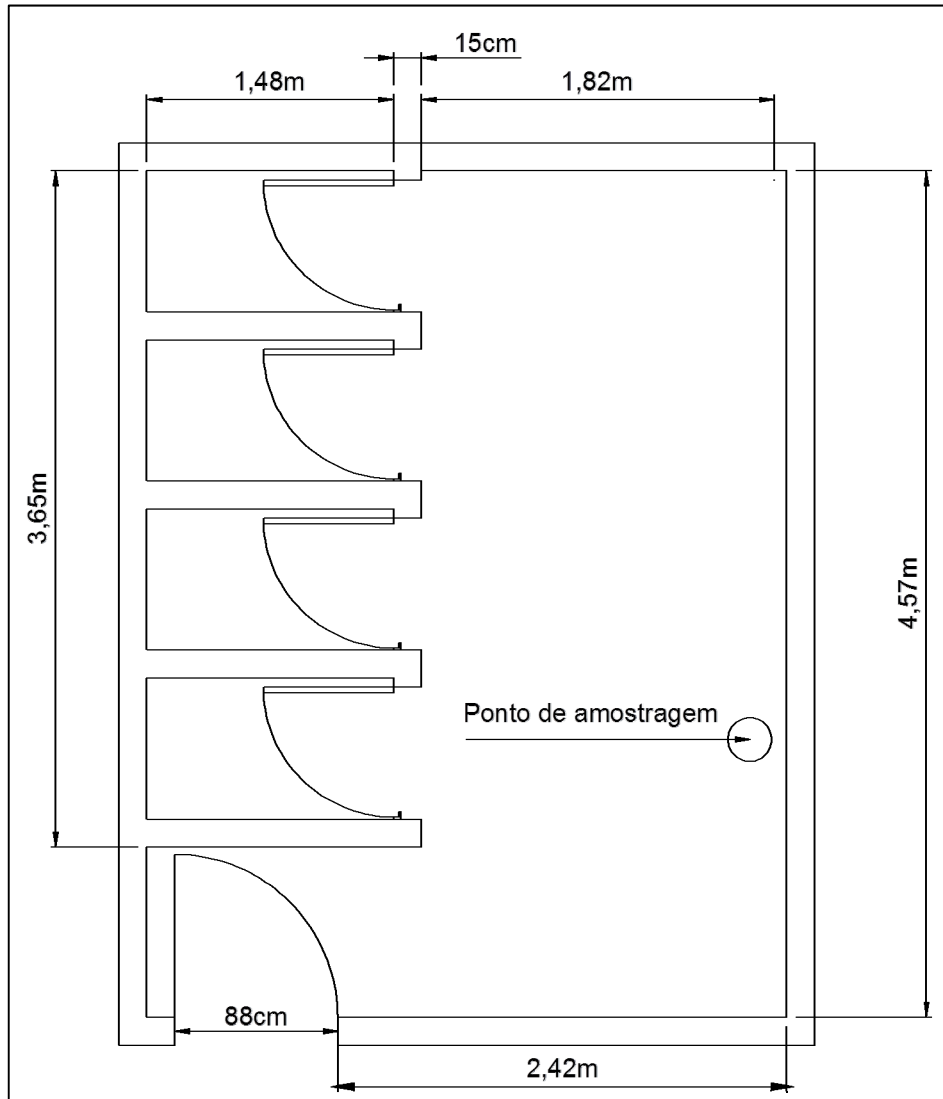
A filtro escolhido teve como base os parâmetros perda de carga, o qual está implícito no parâmetro permeabilidade, e eficiência de coleta. Desta forma, os filtros que obtiveram as melhores permeabilidades (valores mais altos) e eficiências de coleta foram os escolhidos para prosseguir os testes.

3.2. Local de coleta

O banheiro do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos foi escolhido como o local de coleta devido ao grande número de pessoas que transitam por ele. A escolha de um banheiro surgiu da idéia de que a priori banheiros são normalmente altamente contaminados por fungos e bactérias, e, visto que, a idéia do trabalho é avaliar o efeito dos filtros impregnados com nanopartículas de prata e que há a necessidade de existência dos microorganismos, este local foi definido como um local ideal de trabalho. O tempo de amostragem foi de 1h e a vazão escolhida para os testes foi de 60 L/h. Esta vazão de ar foi escolhida com o objetivo de simular a vazão da respiração de um homem em repouso.

Na Figura 12 é ilustrada a planta baixa do banheiro utilizado como local de coleta.

Figura 12: Planta baixa do banheiro localizado no DEQ/UFSCar (local de coleta).



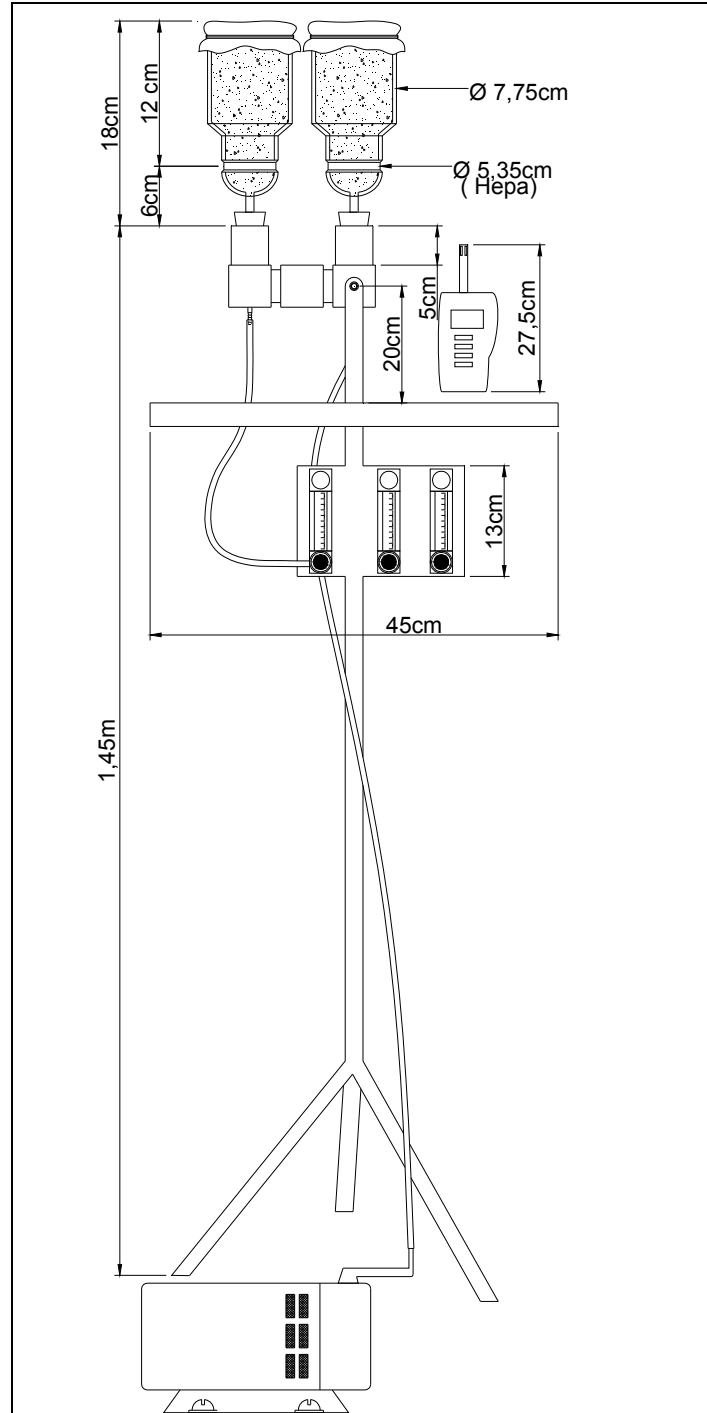
Localizado: Departamento de Engenharia Química/ UFSCAR, 2014.

3.3. Coleta do Bioaerossol

Os bioaerossóis foram coletados por meio de um sistema de filtração. Para coletar e determinar o número de microorganismos existentes foi realizada uma filtração do ar do local escolhido utilizando um sistema de filtração especialmente construído para tal finalidade, de acordo com Catranis *et al.* (2006). O sistema é composto por dois funis com garra, marca Nalgene, modelo 315-0047; três medidores de vazão tipo rotâmetro marca ASA, escala de 400 a 1600 L/h e uma bomba de vácuo, da marca Fisatom, modelo 820, conforme observado

na Figura 13. O funil com a garra é fixado em uma haste, cuja altura em relação ao solo é ajustável e, nesta pesquisa, foi utilizada a altura de 1,45m.

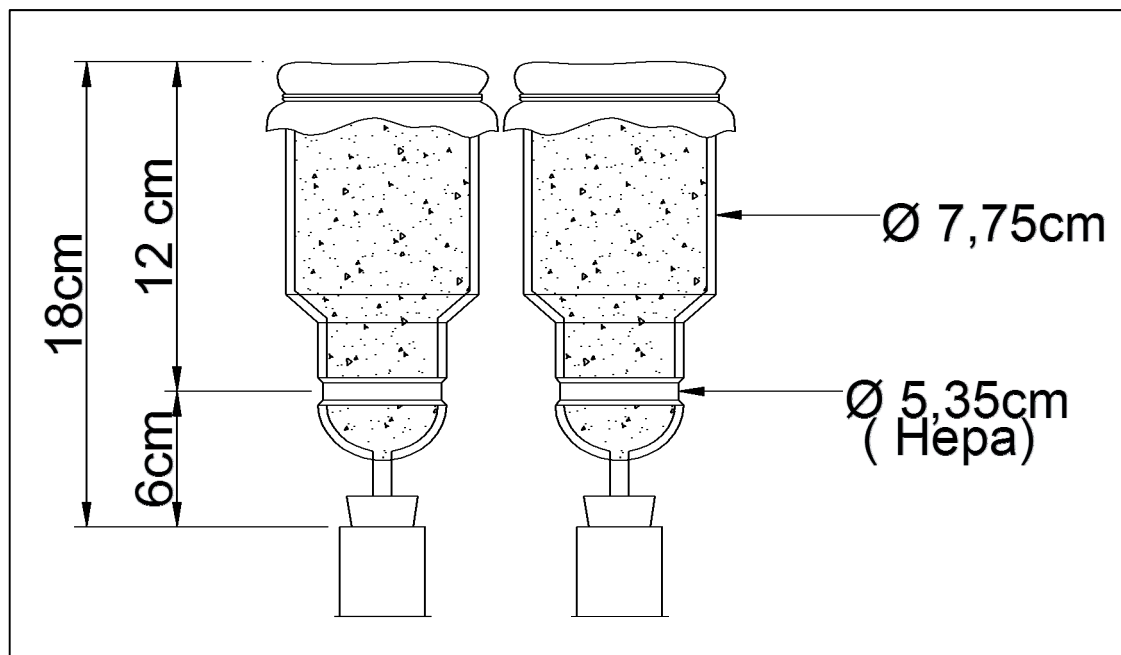
Figura 13: Equipamento utilizado para coleta do material particulado.



Localizado: Laboratório de Controle Ambiental DEQ/UFSCAR, 2014.

Os componentes do sistema de filtração descrito anteriormente são apresentados com mais detalhes na Figura 14.

Figura 14: Detalhes dos componentes de filtração.



Localizado: Laboratório de Controle Ambiental DEQ/UFSCAR, 2014.

No suporte ilustrado na Figura 14 são ilustrados os filtros “branco” e impregnado dispostos lado a lado e, foram dispostos desta maneira, com o intuito de comparar o teor de micro-organismos presente em cada um deles. Em um compartimento inferior foram dispostos os filtros Hepa (filtros absolutos) que tiveram a finalidade de garantir que todo o material particulado estivesse retido.

3.4. Preparo das Nanopartículas de Prata

As dispersões coloidais de prata foram preparadas utilizando o método de síntese originalmente proposto por Turkevich, o qual também é conhecido como Método do Citrato. O preparo da solução de nitrato de prata de partida para a síntese foi realizado mediante a dissolução de 0,0339 g de AgNO_3 (Marca Synth, 99% de pureza, PA) em 200 mL de água destilada, o que resultou em uma solução de 1 mM.

A solução de citrato de sódio (Marca Qhemis, 99% pureza, PA) foi preparada adicionando-se 0,50 g em 50 mL de água deionizada, resultando em uma solução 1% com concentração de aproximadamente 0,04 M. A água utilizada para o preparo das soluções foi deionizada. O citrato de sódio foi adicionado à solução de As vidrarias foram inicialmente

lavadas com ácido nítrico (HNO_3) a fim de evitar a contaminação das soluções por outros metais os quais poderiam, eventualmente, competir com a prata na reação.

3.5. Técnicas de Análise das Nanopartículas

A seguir encontram-se descritos os equipamentos utilizados para a análise das nanopartículas.

3.5.1. *Microscopia Eletrônica de Varredura*

O Microscópio Eletrônico de Varredura utilizado para aquisição das imagens dispostas neste trabalho é o de modelo FEI Inspect S 50 pertencente ao Laboratório de Caracterização Estrutural DEMA/ UFSCar .

3.5.2. *Microscopia Eletrônica de Transmissão*

O Microscópio Eletrônico de Transmissão utilizado para aquisição das imagens dispostas neste trabalho é o de modelo FEI TECNAI G² F20 HRTEM pertencente ao Laboratório de Caracterização Estrutural DEMA/ UFSCar .

3.5.3. *Espectrometria de Absorção Molecular na região do Ultravioleta – Visível (EAM UV-Vis)*

O espectrômetro de absorção molecular utilizado para as medidas foi o de marca Pharmacia Biotech modelo Ultrospec 2000 e pertence ao LabCat DEQ/UFSCar.

3.6. Impregnação dos filtros

A impregnação do filtro foi realizada mediante a imersão dos filtros em béqueres contendo as suspensões de nanopartículas de prata. O volume de suspensão utilizado foi de 250 mL, uma vez que este volume foi suficiente para garantir que todo o filtro estava sendo recoberto pela suspensão. Esta imersão foi feita sem agitação, pois a superfície do filtro

encontrava-se totalmente em contato com a suspensão e o tempo de exposição foi de 24 horas. A secagem destes filtros foi feita em estufa a 60°C até o dia de uso do mesmo.

3.7. Preparo dos meios de cultura, das placas de Petri e contagem dos micro-organismos.

O meio de cultura do tipo Agar Nutriente de composição 5g/L de peptona e cloreto de sódio, 1,5g/L de extrato de carne e extrato de levedura e 15g/L de ágar, marca Merck, série Mikrobiologie foi empregado para a cultura de bactérias e fungos e seu preparo foi efetuado de acordo com as recomendações indicadas no rótulo, o qual corresponde a uma quantidade de 20 g do produto para cada litro de água destilada. Logo após, este meio foi armazenado em frascos apropriados e foi esterilizado em autoclave vertical a 120 °C durante 15 minutos a fim de garantir que não havia presença de micro-organismos no mesmo. Em seguida o meio foi estocado na geladeira.

Para utilização do meio, o mesmo foi aquecido em forno micro-ondas e, cerca de 10 mL do meio foi aplicado em cada placa de Petri as quais foram adquiridas esterilizadas.

Um volume de 50 mL de solução 0,9% de NaCl (cloreto de sódio) foi utilizado para a lavagem dos filtros. Esta solução foi agitada a fim de garantir que todo material particulado estivesse suspenso na solução. Em seguida um volume de 0,5 mL foi transferido para a placa de Petri e com ajuda de uma alça de Drigalski este volume foi espalhado pela placa.

O cultivo dos micro-organismos foi feito em shaker, o qual possibilita o controle de temperatura e agitação os quais foram de 37°C e 120rpm. Nos testes preliminares foram acompanhadas as placas nos tempos de 24, 48 e 72 horas de cultivo e verificou-se que, para a maioria dos testes, 48 horas de cultivo é o tempo mais adequado devido ao tempo de reprodução dos micro-organismos normalmente encontrados no local de estudo.

Após serem realizados os testes preliminares, notou-se o aparecimento nas placas de micro-organismos impossíveis de serem contabilizados em UFCs, uma vez que notou-se a presença de micro-organismos filamentosos, impossibilitando assim a contagem dos mesmos por esta técnica, portanto, julgou-se necessário adotar outra metodologia de contagem. A metodologia escolhida para avaliar quantitativamente o teor de micro-organismos foi a de massa seca onde os tubos Falcon (tubos de polipropileno) foram inicialmente dispostos em estufas a 60°C a fim de eliminar toda a umidade presente no mesmo. Em seguida, foram

colocados em dessecadores para que a baixa umidade fosse mantida. Posteriormente os tubos foram pesados e a massa anotada. Os cultivos foram realizados e após 48 h foram extraídos 10 mL do meio de cultura contendo as células e foram dispostos nos tubos Falcon para posterior centrifugação. Após a centrifugação o sobrenadante foi descartado e os tubos contendo as células foram levados à estufa a 60°C. Após 18 h em estufa, os tubos foram retirados e dispostos novamente em dessecadores até atingir a temperatura ambiente. Por fim os tubos foram pesados. O cálculo da massa seca foi realizado por meio da subtração da massa do tubo da massa do tubo contendo as células.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguem nesta seção os resultados da avaliação dos efeitos das suspensões de nanopartículas de prata no material particulado aderido ao filtro escolhido para os testes.

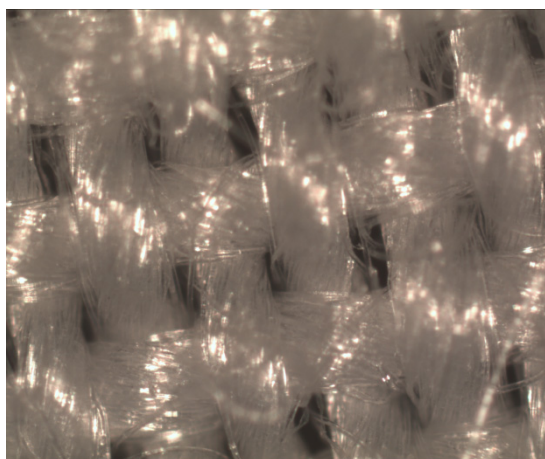
4.1. Estudo dos Parâmetros utilizados para a escolha do meio filtrante

A seguir serão apresentados os resultados dos parâmetros que caracterizam os filtros e que foram utilizados para a escolha do melhor meio filtrante. Os testes foram repetidos três vezes para cada meio filtrante e os resultados apresentados são valores médios calculados a partir das triplicatas.

4.1.1. Caracterização dos tecidos por Microscopia ótica

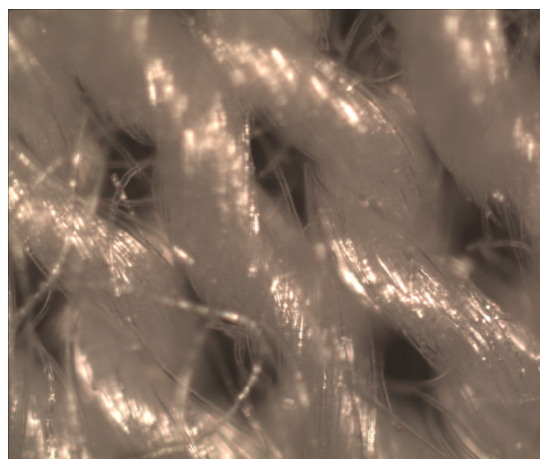
Nas Figuras 15, 16 e 17 estão ilustradas as microscopias óticas dos três tecidos estudados. Estas imagens foram retiradas com o intuito de avaliar como as tramas se encontravam em cada um dos tecidos.

Figura 15: Microscopia ótica do tecido Algodão – aumento de 5x.



Fonte: Acervo Pessoal

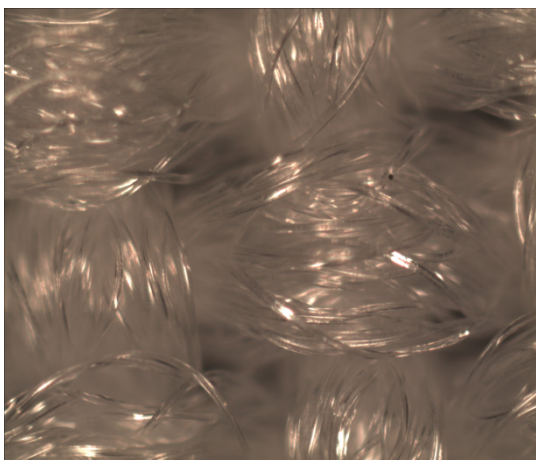
Figura 16: Microscopia ótica do tecido Malha PV – aumento de 5x.



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 17: Microscopia ótica do tecido

Poliéster – aumento de 5x.



Fonte: Acervo Pessoal.

Por meio da análise das Figuras 15,16 e 17 foi possível observar que todos os filtros escolhidos para o início dos testes são caracterizados como trançados. A principal diferença dos meios filtrantes é o espaçamento entre as tramas. Esta característica está relacionada com a captura do material particulado e também pode estar relacionada à facilidade e/ou dificuldade das nanopartículas aderirem ao tecido.

4.1.2. Permeabilidade dos tecidos comerciais “brancos”

Foram avaliados os parâmetros permeabilidade e perda de carga e eficiência de coleta dos três tecidos estudados, Algodão, Malha PV e Poliéster.

Inicialmente obteve-se a queda de pressão através do equipamento ilustrado na Figura 10. Os cálculos de permeabilidade Darciana foram feitos, após a obtenção dos diferentes valores de queda de pressão para diferentes velocidades de filtração, por meio da equação 2.2.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu}{k_1} \cdot V \quad (2.2)$$

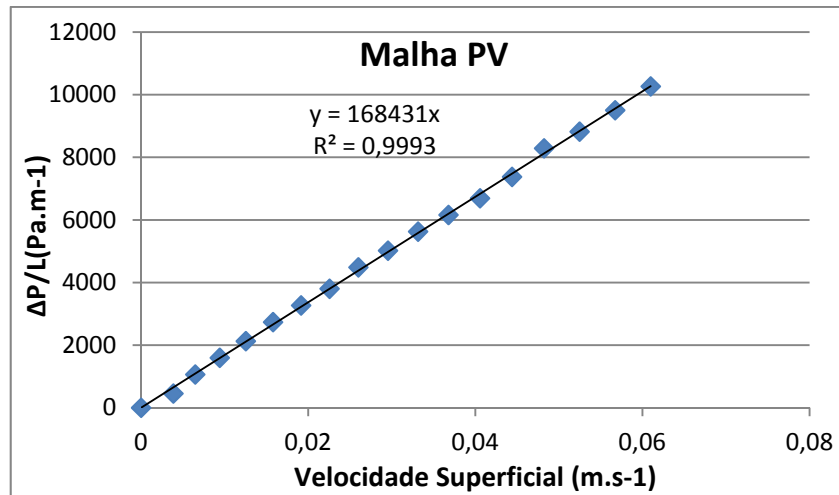
Onde k_1 corresponde à Permeabilidade Darciana e μ a viscosidade do gás (neste caso a viscosidade do ar puro).

O comprimento (L) foi medido fazendo o uso de um microscópio ótico e a velocidade superficial foi calculada por meio do quociente da vazão de ar pela área superficial exposta do filtro.

A permeabilidade Darciana foi calculada levando-se em conta a curva $\Delta P/L$ x velocidade superficial, onde μ/k_1 corresponde ao coeficiente angular da reta. Os experimentos foram repetidos três vezes e os nos gráficos seguintes estão ilustradas as médias dos valores experimentais.

A Figura 18 ilustra a curva obtida para o tecido Malha PV.

Figura 18: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Malha PV.

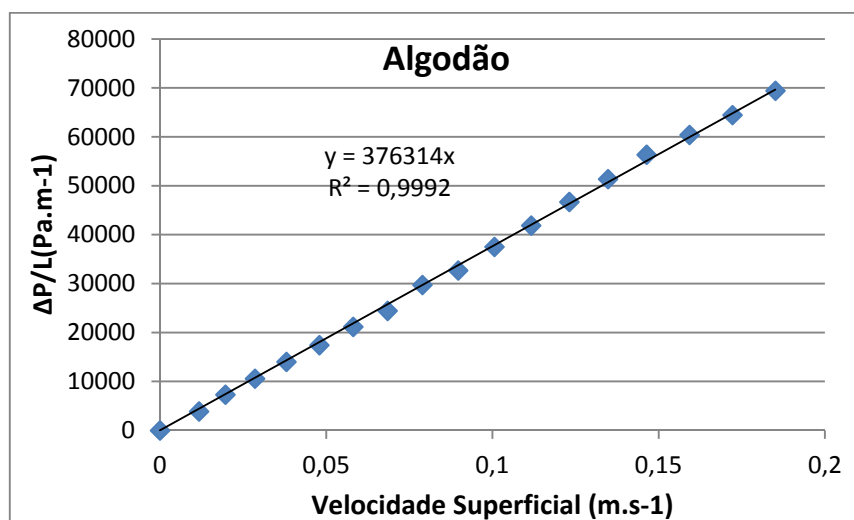


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Considerando a curva descrita pelos dados obtidos experimentalmente pode-se calcular a permeabilidade Darciana, a qual possui o valor de $1,0 \times 10^{-10} \text{ m}^2$.

A Figura 19 ilustra a curva obtida para o tecido algodão.

Figura 19: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Algodão.

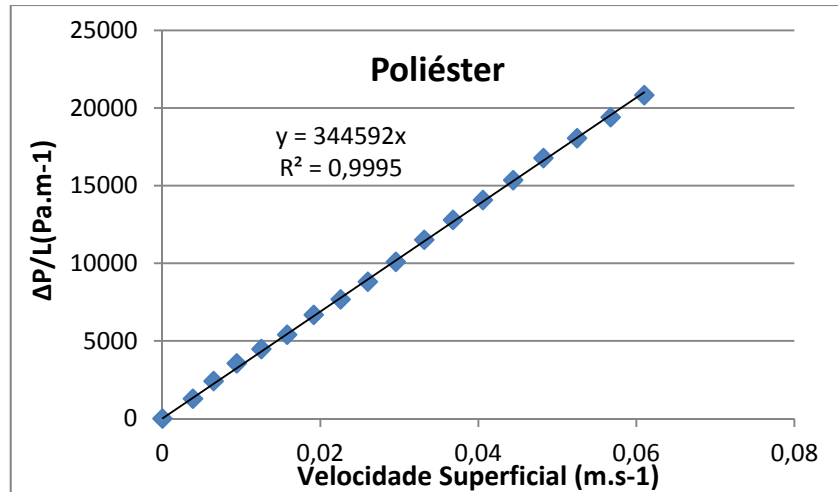


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Considerando os dados experimentais e realizando os cálculos tem-se que a permeabilidade Darciana para o tecido algodão é $4,6 \times 10^{-11} \text{m}^2$.

A Figura 20 ilustra a curva obtida para o tecido Poliéster.

Figura 20: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Poliéster.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

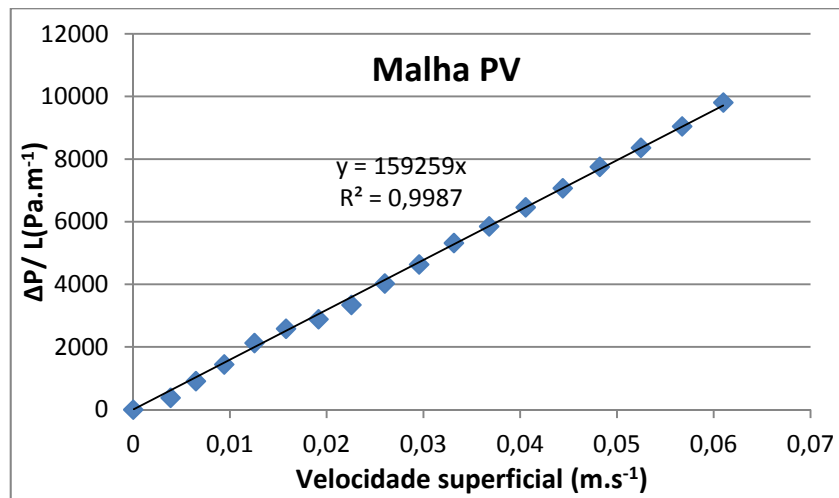
Considerando os dados experimentais e realizando os cálculos tem-se que a permeabilidade Darciana para o tecido Poliéster é $k_1 = 5,1 \times 10^{-11} \text{m}^2$.

Por meio dos gráficos ilustrados nas Figuras 18, 19 e 20 nota-se que o tecido que apresenta a maior permeabilidade Darciana é a Malha PV seguida pelo Poliéster e por fim o algodão. Portanto, em posse destes valores decidiu-se avaliar os tecidos impregnados com as nanopartículas para saber a influência da dopagem nos parâmetros de filtração avaliados.

4.1.3. Permeabilidade dos tecidos comerciais impregnados com nanopartículas de prata

A permeabilidade Darciana foi calculada utilizando a mesma metodologia descrita no item 4.1.2. A Figura 21 ilustra a curva obtida para o tecido Malha PV impregnados com nanopartículas de prata.

Figura 21: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Malha PV impregnado com nanopartículas de prata.

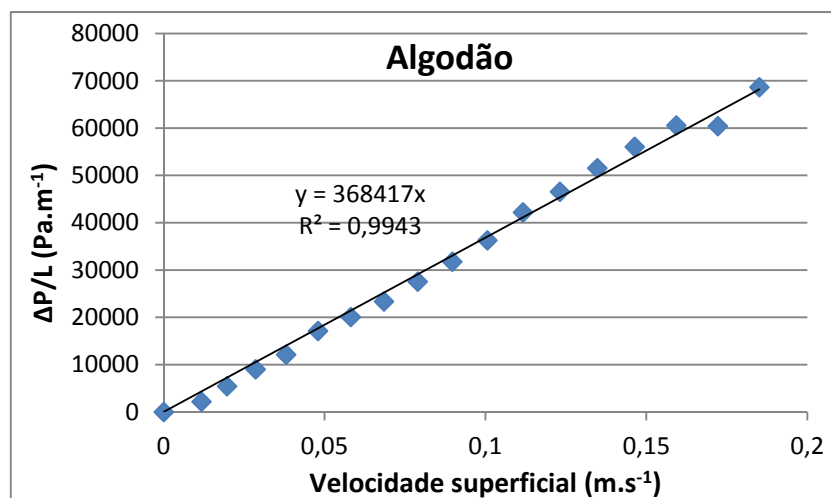


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Considerando os dados experimentais e realizando os cálculos tem-se que a permeabilidade Darciana para o tecido Malha PV impregnado com nanopartículas é $k_1 = 1,1 \times 10^{-10} \text{ m}^2$.

A Figura 22 ilustra a curva obtida para o tecido Algodão impregnado com nanopartículas de prata.

Figura 22: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Algodão impregnado com nanopartículas de prata.

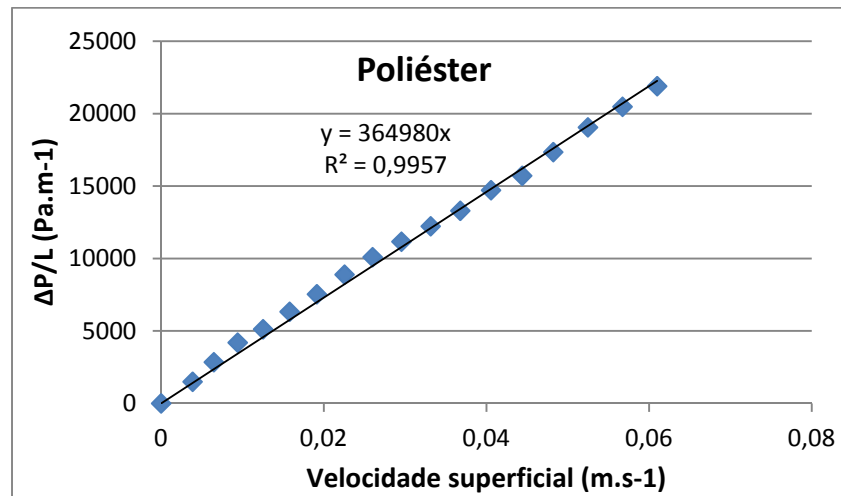


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Considerando os dados experimentais e realizando os cálculos tem-se que a permeabilidade Darciana para o tecido Algodão impregnado com nanopartículas é $k_1 = 4,5 \times 10^{-11} \text{ m}^2$.

A Figura 23 ilustra a curva obtida para o tecido Poliéster impregnado com nanopartículas de prata.

Figura 23: Gráfico $\Delta P/L$ x Velocidade superficial do tecido Poliéster impregnado com nanopartículas de prata.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Considerando os dados experimentais e realizando os cálculos tem-se que a permeabilidade Darciana para o tecido Poliéster impregnado com nanopartículas é $k_1 = 5,0 \times 10^{-11} \text{ m}^2$.

Ao agrupar os dados obtidos das seções 4.1.2 e 4.1.3 pode-se construir a Tabela 4.

Tabela 4: Permeabilidade Darciana dos tecidos “brancos” e impregnados.

| Tecido | Permeabilidade Darciana do tecido “Branco” (m^2) | Permeabilidade Darciana do Tecido impregnado com nanopartículas de prata (m^2) |
|-----------|---|---|
| Malha PV | $1,03 \times 10^{-10}$ | $1,07 \times 10^{-10}$ |
| Algodão | $4,56 \times 10^{-11}$ | $4,52 \times 10^{-11}$ |
| Poliéster | $5,09 \times 10^{-11}$ | $5,01 \times 10^{-11}$ |

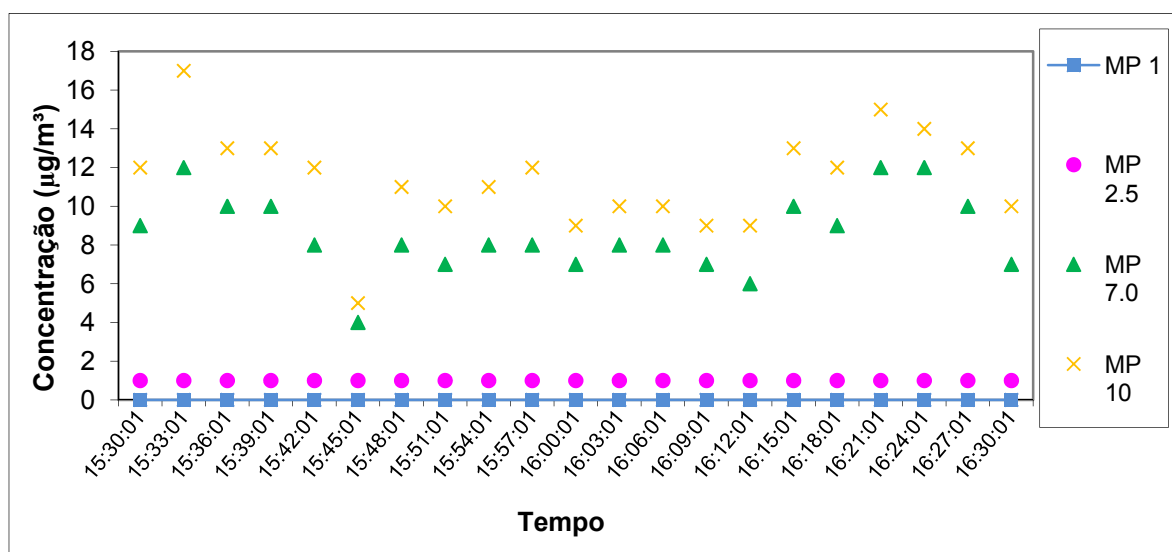
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Nota-se através da Tabela 4 que a permeabilidade Darciana não varia substancialmente após a imersão dos filtros na suspensão de nanopartículas de prata, desta forma, podemos através destes parâmetros obter um indicativo de qual o melhor tecido a ser utilizado como meio filtrante. Julgou-se necessário, após os testes de Perda de carga e Permeabilidade Darciana, avaliar a eficiência de coleta destes tecidos a fim de definir com qual/quais tecidos os testes prosseguiriam.

4.1.4. Medidas prévias e cálculo da eficiência de coleta

Antes de realizar a contagem do material particulado contido antes da passagem do material particulado pelo filtro e após a passagem pelo filtro, houve a necessidade de se descobrir qual é, normalmente, a faixa de tamanho do material particulado encontrado no ar do local de estudo. Para isto, foi empregado o amostrador Aerocet- 531 e foram obtidos os dados ilustrados na Figura 24.

Figura 24: Distribuição do material particulado no local de estudo.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

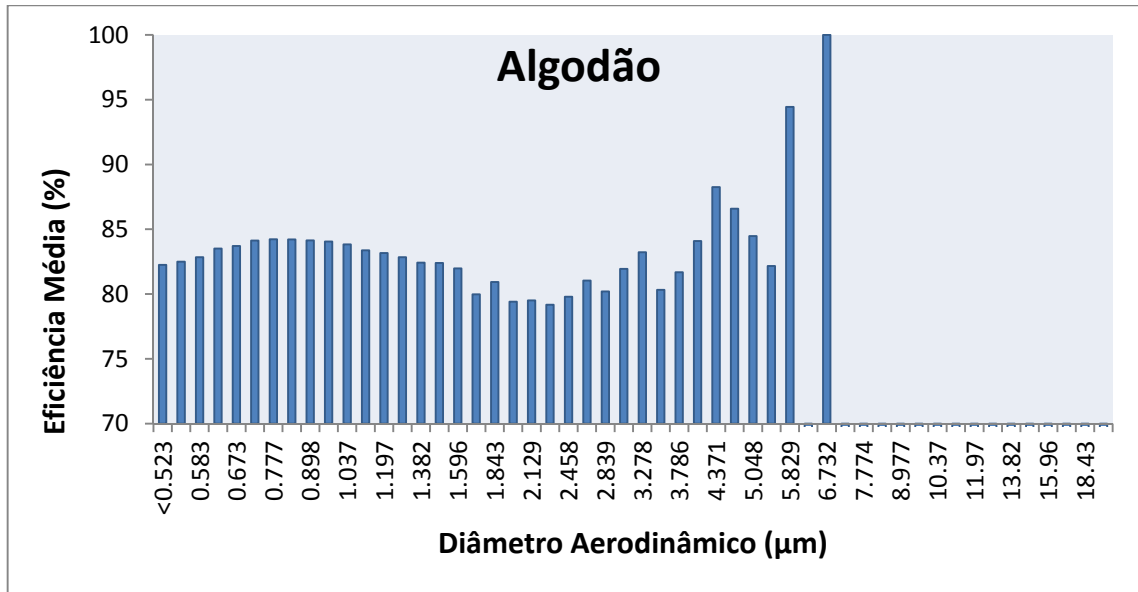
Ao avaliar o gráfico ilustrado na Figura 24 nota-se que o material particulado encontrado no local de coleta possui diâmetro aerodinâmico entre 2,5 e 10 micrômetros.

Para o cálculo da eficiência de coleta do filtro foi utilizado o equipamento ilustrado na Figura 13 com a alimentação de pó de rocha fosfática o qual possui diâmetro aerodinâmico em torno de 1,5µm. Este material foi escolhido por apresentar diâmetro aerodinâmico inferior

ao diâmetro do material coletado no local de estudo, levando em conta que a eficiência de coleta normalmente aumenta com o aumento do tamanho da partícula.

A Figura 25 ilustra a eficiência de coleta do filtro de Algodão para partículas de tamanhos de $<0,523$ a aproximadamente $7 \mu\text{m}$.

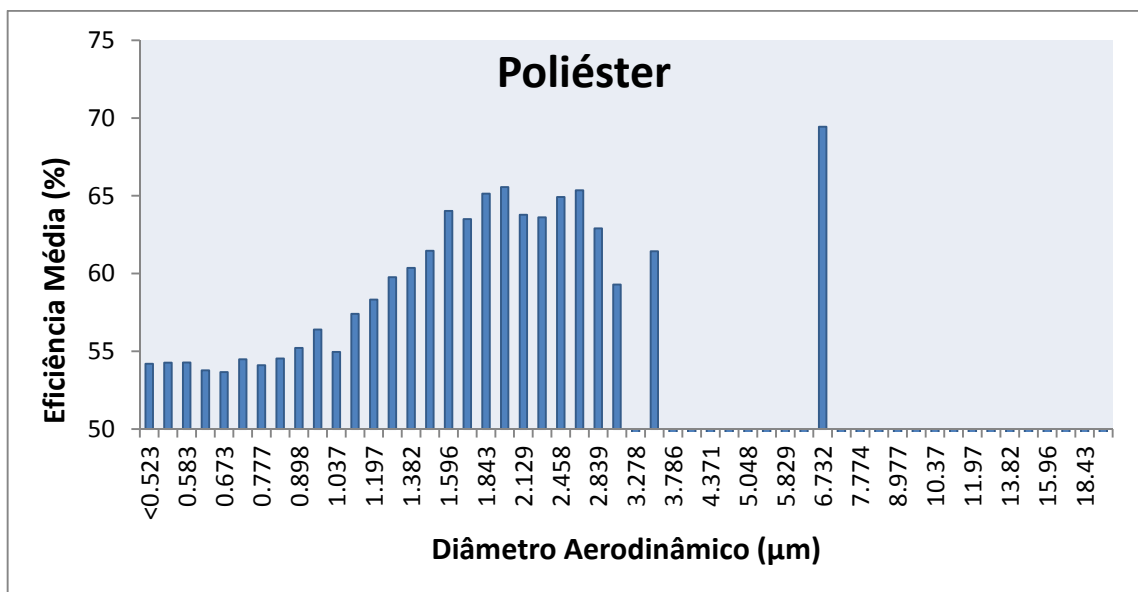
Figura 25: Eficiência de coleta do tecido Algodão.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

A Figura 26 ilustra a eficiência de coleta do filtro de Poliéster para partículas de tamanhos de $<0,523$ a aproximadamente $7 \mu\text{m}$.

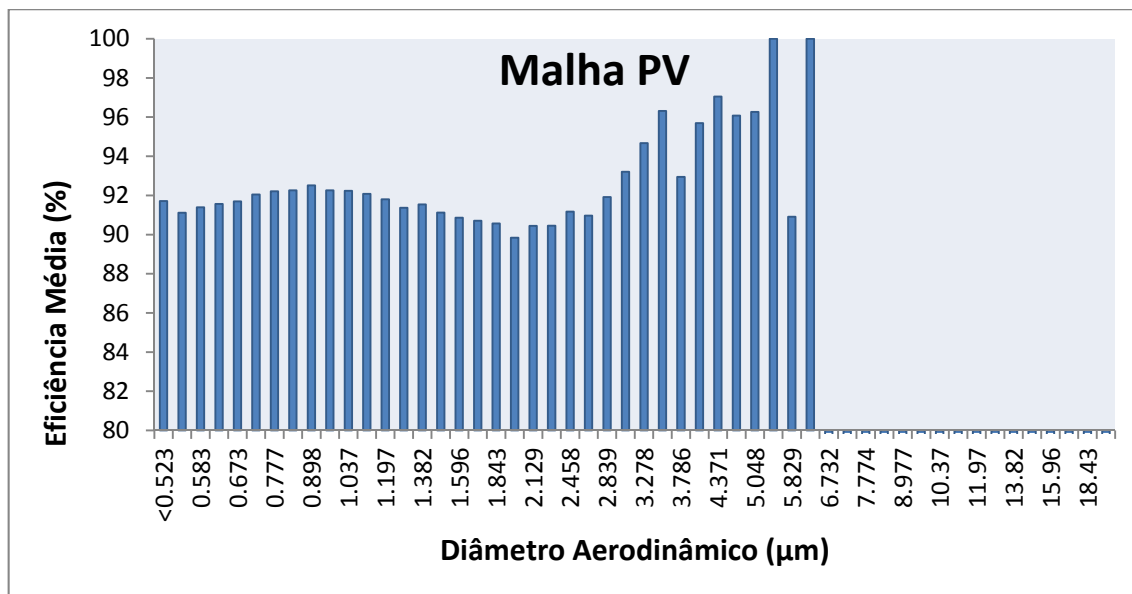
Figura 26: Eficiência de coleta do tecido Poliéster.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

A Figura 27 ilustra a eficiência de coleta do filtro de Malha PV para partículas de tamanhos de $<0,523$ a aproximadamente $7 \mu\text{m}$.

Figura 27: Eficiência de coleta do tecido Malha PV.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

As Figuras 25, 26 e 27 apresentam os dados de Eficiência média de coleta x Diâmetro aerodinâmico. O equipamento utilizado proporciona uma varredura de tamanho de $<0,523$ até $19,81 \mu\text{m}$, porém, na faixa acima de $6,732 \mu\text{m}$ não encontram-se partículas. Ao analisar as Figuras supracitadas é notável que a eficiência média de coleta possui valores acima de 80% para a maioria dos diâmetros estudados dos tecidos Algodão e Malha PV. Já para o tecido Poliéster estes valores estão entre 50 e 70% o que fez com que este tecido fosse descartado para a coleta do material particulado e posterior plaqueamento. Segundo Dullien, 1989 são esperadas eficiências de coleta total igual ou superior a 99%, todavia, o valor encontrado é dado como satisfatório visto que trata-se de um tecido comercial utilizado em confecções.

É possível notar, também, nas figuras supracitadas, que em algumas faixas de tamanho de partículas há um decréscimo na eficiência de coleta e isto pode estar relacionado com a coleta simultânea por diversos mecanismos. Segundo Coury (1986), há influência de um mecanismo sob o outro ocasionando esta diminuição na eficiência de coleta total.

4.2. Síntese das nanopartículas de prata

Em um frasco de Erlenmeyer de 250 mL foram adicionados 125 mL de uma solução 1,0 mM de AgNO_3 , em seguida, colocou-se o Erlenmeyer em uma placa aquecedora de um agitador magnético. Com o auxílio de uma pipeta graduada foram gotejados 5 mL da solução de citrato de sódio 0,04 M. A reação foi realizada durante 3 minutos com agitação de 1200 rpm e aquecimento de 100°C . Nesta etapa, houve o aparecimento da coloração amarelada a qual indicou a redução dos íons prata com consequente formação de nanopartículas de prata. Posteriormente, o Erlenmeyer foi retirado do aquecimento e colocado em outro agitador magnético a frio com velocidade de 1200 rpm por 5 minutos; nesta etapa, a tonalidade amarela torna-se cada vez mais intensa. A solução foi resfriada a temperatura ambiente.

A Figura 28 ilustra as diferentes tonalidades encontradas ao realizar a síntese das nanopartículas de prata. Esta diferença é ocasionada devido ao efeito de absorbância *plasmon* onde a luz incidida sob as nanopartículas produz oscilações nos elétrons que se encontram na superfície, ocasionando, como consequência absorção da radiação eletromagnética. A coloração amarela (ilustrada no frasco 1) é correspondente às nanopartículas de prata; já as demais colorações são provenientes da agregação das nanopartículas, as quais chegam a formar partículas em escala micrométrica. Outro fator determinante na diferença dos frascos é o tempo e forma de armazenamento dos mesmos, pois as nanopartículas tendem a aglomerar com o tempo e tendem a ser foto-degradadas se mal armazenadas. Para a dopagem e para os posteriores estudos foi utilizada a suspensão disposta no frasco 1.

Figura 28: Suspensões de prata em diferentes tamanhos de partículas.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

4.3. Análise da suspensão de nanopartículas de prata através do método EAM UV-Vis.

Para verificar se a suspensão sintetizada de fato correspondia a nanopartículas de prata foram feitas algumas medidas de comprimentos de onda e verificou-se que a mesma absorveu com maior intensidade em comprimentos de onda típicos. Segundo Solomon (2007) o comprimento de onda é dependente do tamanho das nanopartículas formadas e pode variar de 380 a 450 nm como ilustrado na Tabela 5.

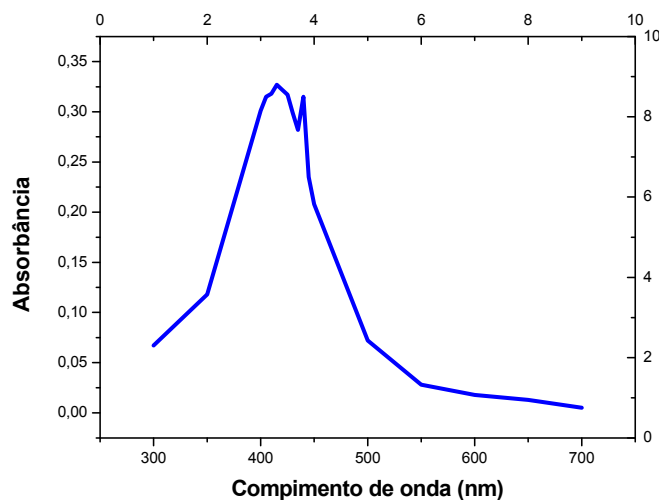
Tabela 5: Correlação entre tamanho de nanopartículas e prata e comprimento de onda na análise por EAM UV-Vis.

| Tamanho da nanopartícula (nm) | Comprimento de onda (nm) |
|-------------------------------|--------------------------|
| 5- 10 | 380-390 |
| 10-14 | 395-405 |
| 35-50 | 420-435 |
| 60-80 | 438-450 |

Fonte: Extraído de Solomon (2007)

A Figura 29 ilustra o gráfico obtido da avaliação da suspensão de nanopartículas de prata sintetizada utilizando o método de Turchevic modificado.

Figura 29: Gráfico da distribuição da absorbância x comprimento de onda da suspensão de nanopartículas de prata.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

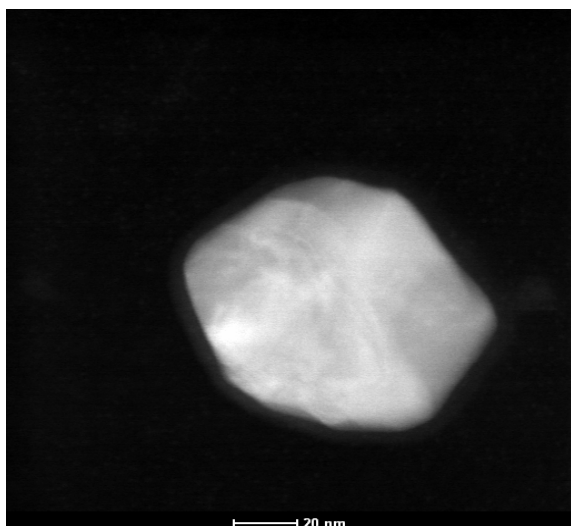
Analisando o gráfico ilustrado na Figura 29 nota-se que os comprimentos de onda onde tem-se a máxima absorbância é entre 415 e 440. Desta forma, levando em conta a distribuição de Solomon (2007) conclui-se que as nanopartículas possuem tamanhos variáveis entre 35 e aproximadamente 60nm.

Na Figura 29 também há a formação de um “pico duplo”, ou seja, existem duas regiões com altas absorbâncias. Uma possível explicação para isto é o fato das nanopartículas serem sintetizadas em diferentes momentos e depois armazenadas juntas. Sabe-se que cinética da síntese das nanopartículas é bastante sensível e pequenas modificações no procedimento podem gerar partículas com tamanhos diferentes.

4.4. Análise da suspensão de nanopartículas de prata através do método de Microscopia Eletrônica de Transmissão.

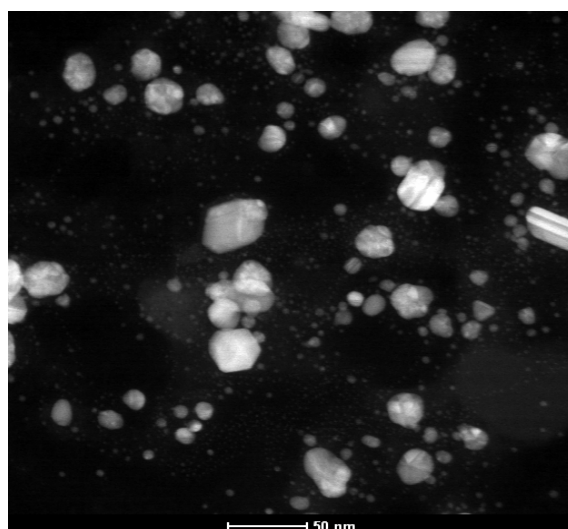
Nas Figuras 30, 31 e 32 estão apresentadas as imagens de Microscopia Eletrônica de Transmissão das nanopartículas de prata.

Figura 30: Imagem de uma nanopartícula de prata.



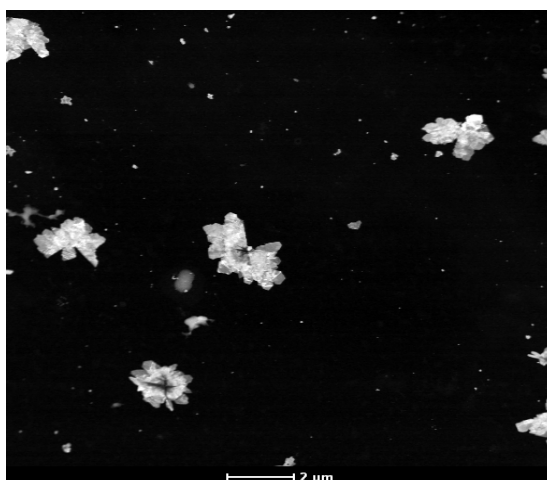
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 31: Imagem das partículas contidas na suspensão de nanopartículas de prata.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

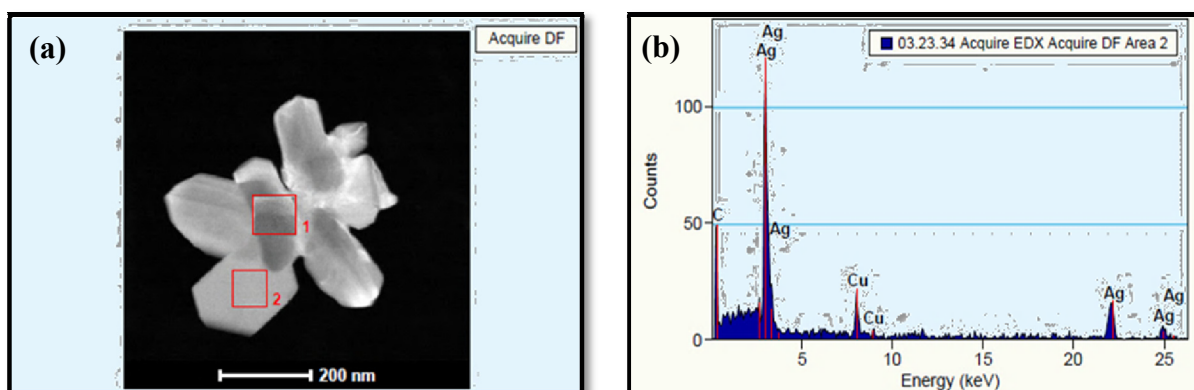
Figura 32: Imagem das partículas contidas na suspensão de nanopartículas de prata.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ao analisar as Figuras 30, 31 e 32 é possível observar a presença de nanopartículas de prata. A confirmação de que de fato o material sintetizado encontrava-se na faixa nanométrica foi obtida por meio da análise da imagem feita no programa Image Pro Plus 6 em que foi possível determinar os diâmetros de algumas partículas selecionadas. Já a confirmação de que o material sintetizado era, de fato, nanopartículas de **prata** foi feita por meio da técnica de microscopia eletrônica de transmissão acoplada ao detector EDS, em que foi possível observar em destaque os picos de Ag presente na amostra. A Figura 33 (a) ilustra os locais onde foram feitas as medidas de concentração e a Figura 30 (b) ilustra os picos obtidos desta análise.

Figura 33: Microscopia Eletrônica de Transmissão acoplado ao detector EDS.

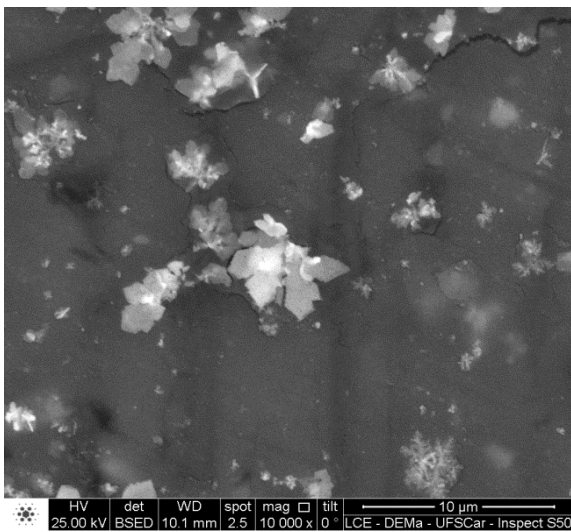


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

4.5. Análise da suspensão de nanopartículas de prata por meio do método de Microscopia Eletrônica de Varredura

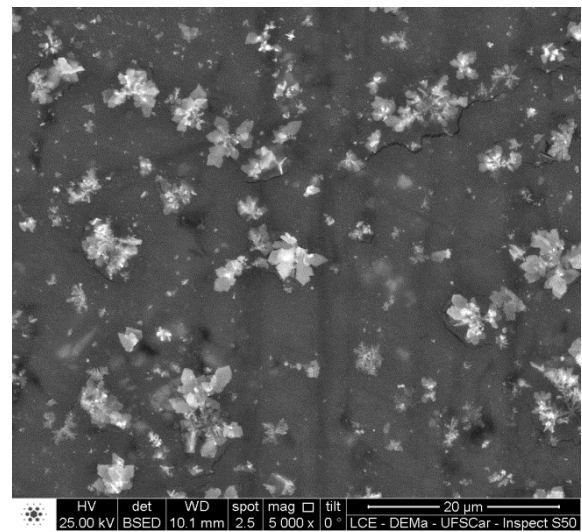
Nas Figuras 34, 35, 36 e 37 estão mostradas as imagens das nanopartículas de prata obtidas por Microscopia eletrônica de varredura.

Figura 34: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 10.000x.



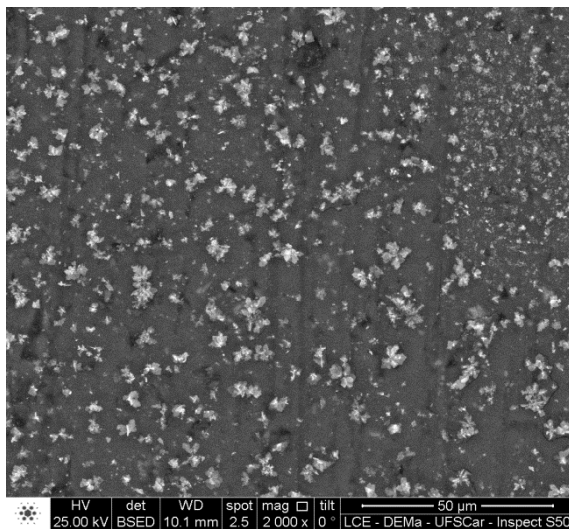
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 35: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 5.000x.



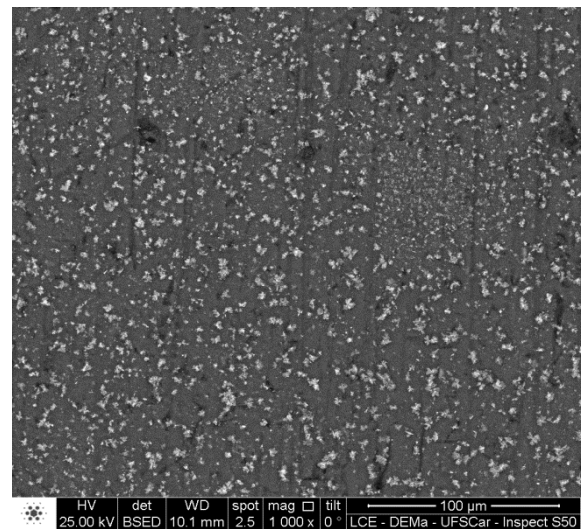
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 36: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 2.000x.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 37: Imagem de nanopartículas de prata com aumento de 1.000x.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

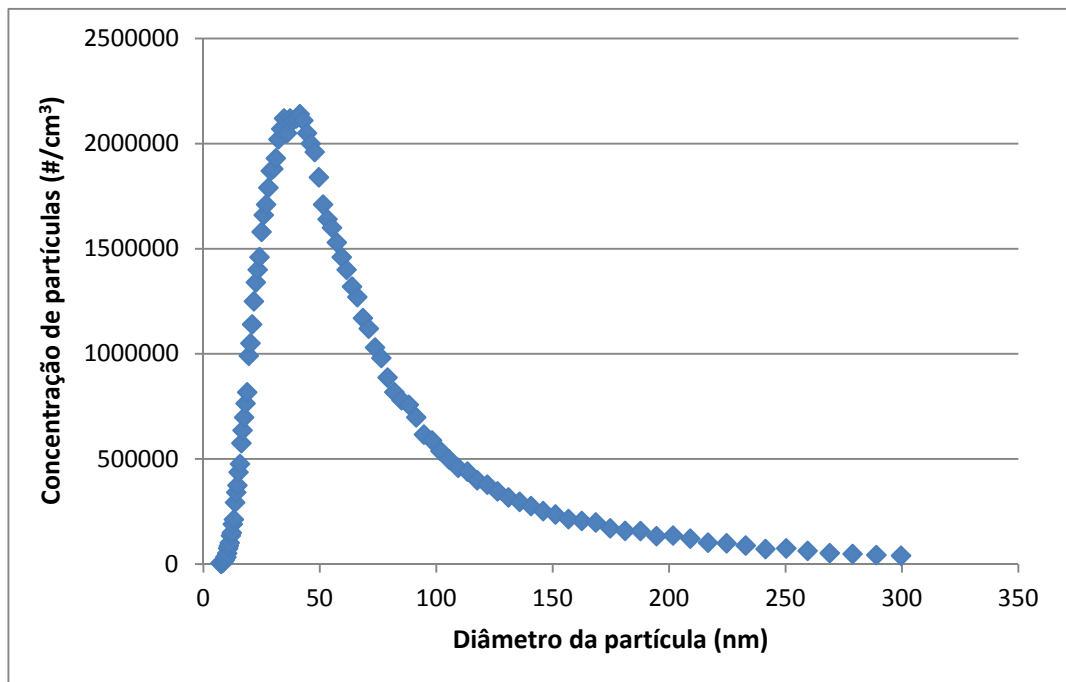
Nota-se nas das figuras 34, 35, 36 e 37 que houve a formação de nanopartículas de prata, porém, nota-se que há a formação de aglomerados os quais devem ser provenientes da secagem das nanopartículas no porta-amostras já que, a estabilidade da suspensão, o ensaio de EAM e a distribuição granulométrica feita por SMPS sugerem que não há partículas micrométricas na suspensão.

4.6. Distribuição granulométrica de nanopartículas de prata utilizando um equipamento de filtração acoplado a um contador SMPS

Na figura 38 está ilustrada a distribuição granulométrica das nanopartículas sintetizadas através do método de Turchevic. Este teste foi realizado utilizando um equipamento de filtração acoplado a um detector de partículas SMPS (Scanning mobility particle sizer).

A partir da análise da Figura supracitada, nota-se que as partículas encontram-se majoritariamente próximo a 50nm o que reforça que o método empregado para síntese de nanopartículas é eficaz para a obtenção de partículas até 100nm.

Figura 38: Distribuição Granulométrica das nanopartículas de prata.

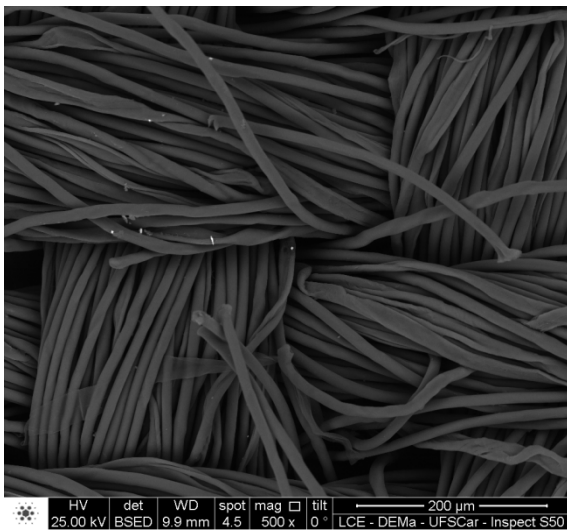


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

4.7. Análise da dopagem dos filtros utilizando o método de MEV

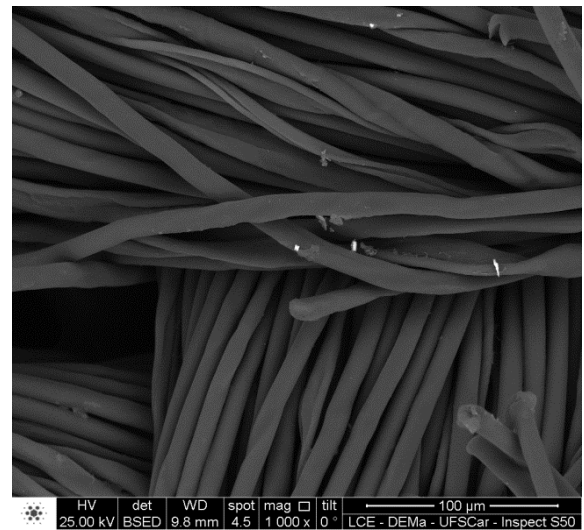
Nas Figuras de 39 à 42 serão ilustradas as imagens dos tecidos impregnados com nanopartículas de prata obtidas utilizando o método MEV.

Figura 39: Impregnação do tecido Algodão com nanopartículas de prata com aumento de 500x.



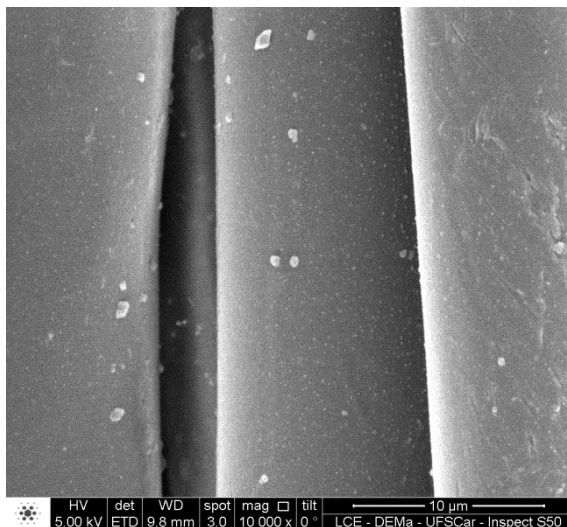
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 40: Impregnação do tecido Algodão com nanopartículas de prata com aumento de 1.000x.



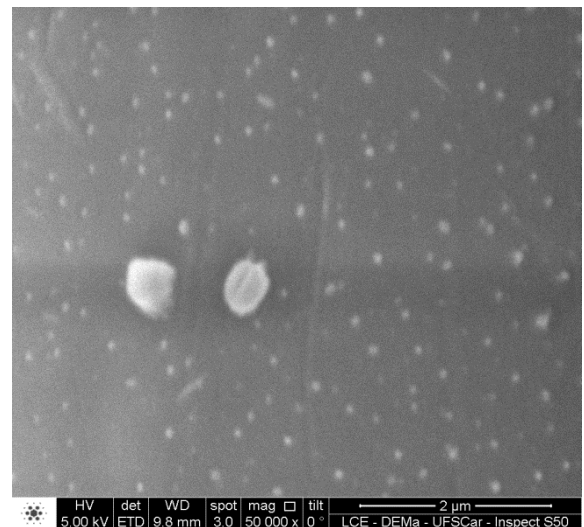
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 41: Fibras de Algodão impregnadas com nanopartículas de prata com aumento de 10.000x.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 42: Fibras de Algodão impregnadas com nanopartículas de prata com aumento de 50.000x.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ao analisar as imagens das figuras 39, 40, 41 e 42 é possível perceber que a dopagem foi realizada de forma significativa fato que é confirmado por meio das imagens com maiores aumentos, visto que, trata-se de partículas em escala nanométrica e o MEV não possui resolução suficiente para visualizar claramente, com pequenos aumentos, partículas nesta escala.

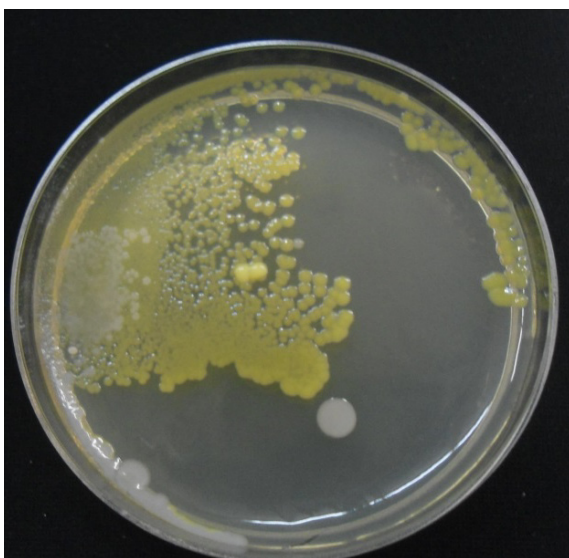
4.8. Análise das placas dos filtros de algodão – Ensaio Preliminares.

Nos itens seguintes serão apresentados os resultados dos ensaios preliminares onde cada um dos três ensaios foi realizado em triplicata. Estes três ensaios foram feitos em semanas distintas e isto pode justificar a não reprodutibilidade das placas, uma vez que, condições climáticas, número de pessoas que frequentaram o local bem como o tipo de micro-organismo presente no local foram variáveis não controladas.

Ensaio 1

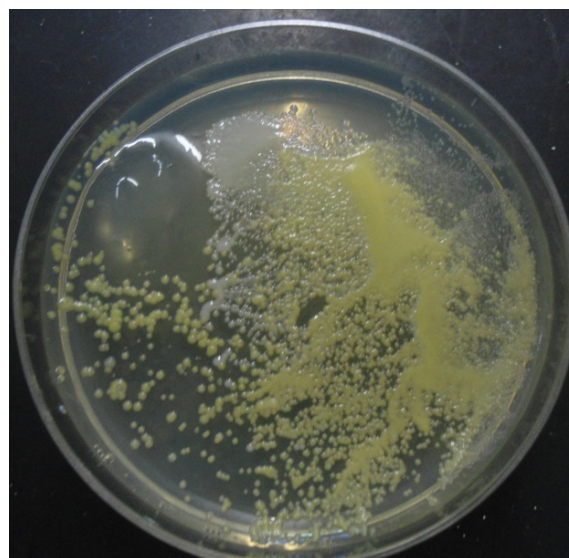
As Figuras de 43 a 46 ilustram o primeiro ensaio do tecido algodão impregnado e “branco” no tempo de cultivo de 48h. As letras (a) e (b), (c) e (d), e (e) e (f) apresentadas nas legendas das imagens representam duplicatas das mesmas amostras.

Figura 43: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (a).



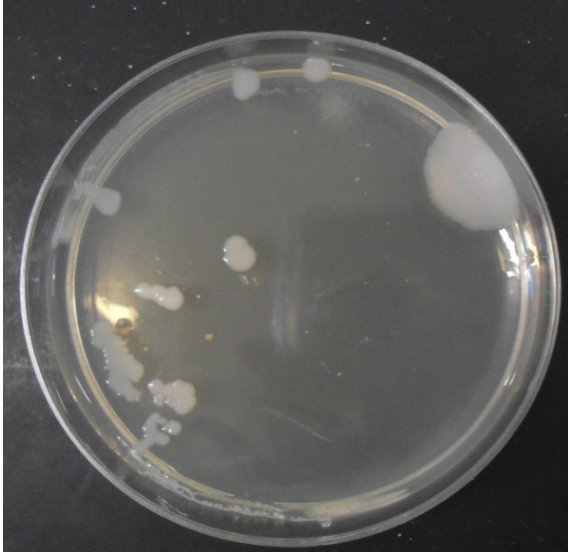
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 44: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (b).



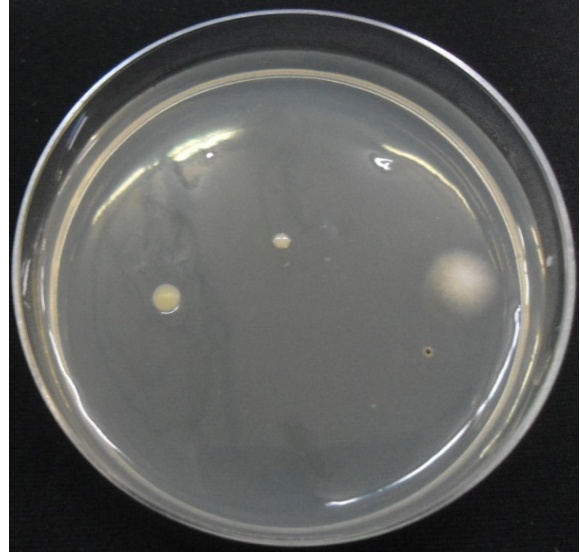
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 45: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (a).



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 46: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (b).

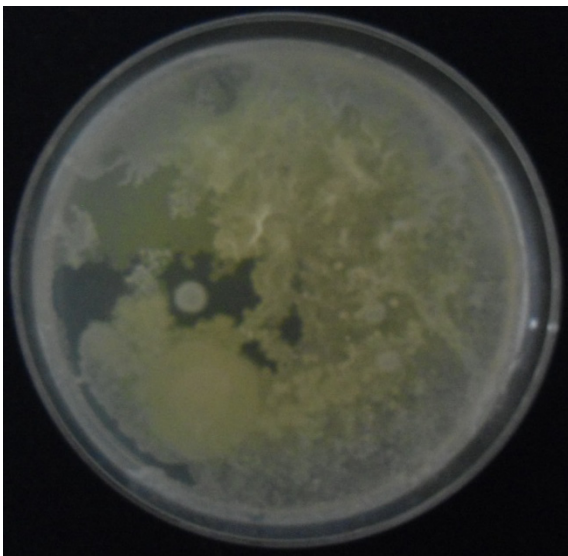


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ensaio 2

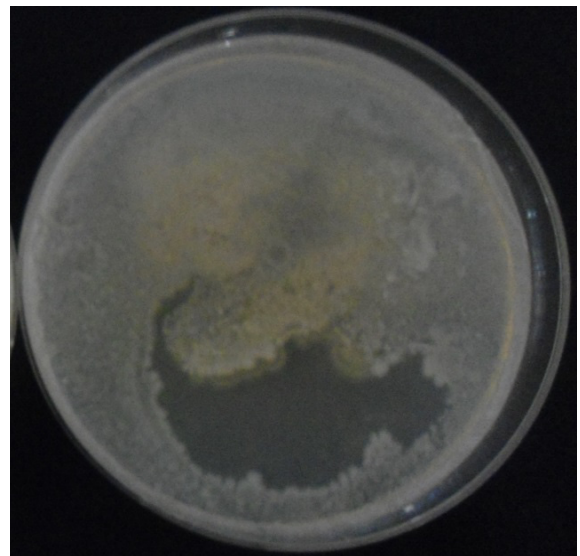
As Figuras de 47 a 50 ilustram o segundo ensaio do tecido algodão impregnado e “branco” no tempo de cultivo de 48 h.

Figura 47: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (c).



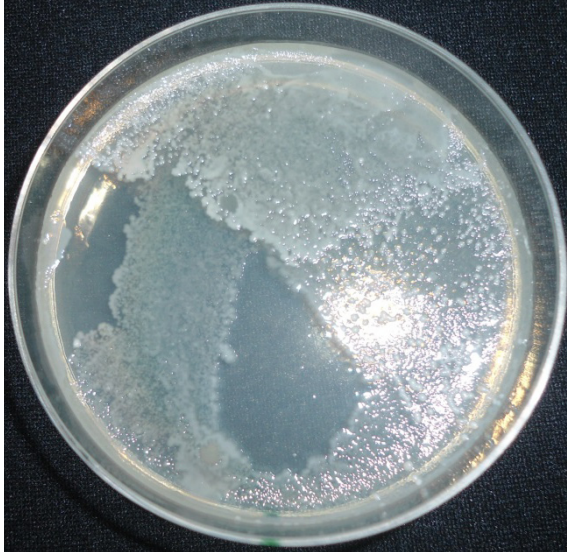
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 48: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (d).



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 49: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (c).



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 50: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (d).

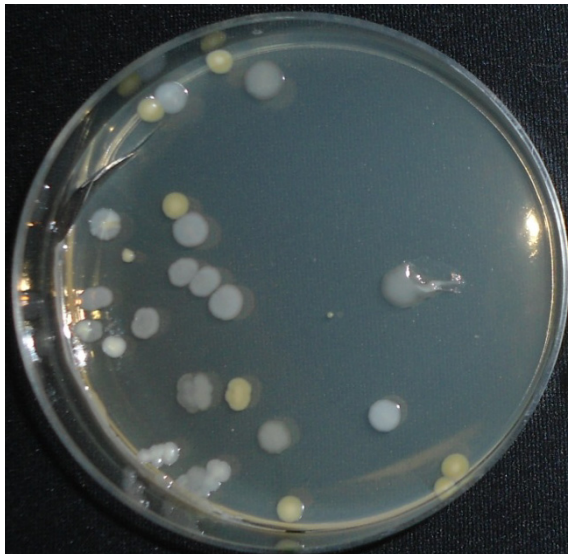


Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ensaio 3

As Figuras de 51 a 54 ilustram o terceiro ensaio do tecido algodão impregnado e “branco” no tempo de cultivo de 48 h.

Figura 51: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (e).



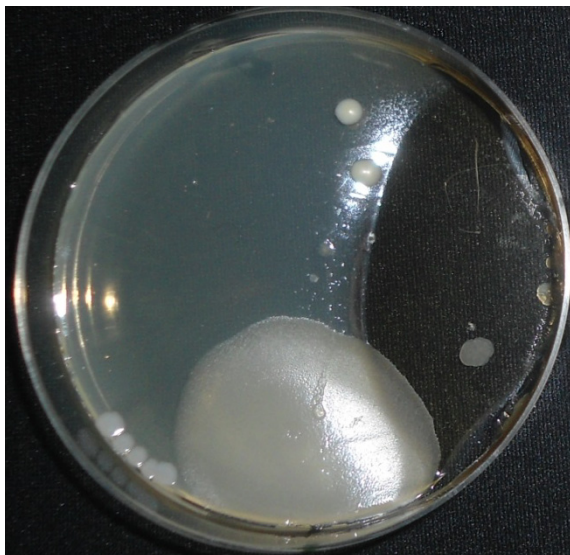
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 52: Placa referente ao filtro “branco” de algodão no tempo de cultivo de 48h (f).



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 53: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (e).



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 54: Placa referente ao filtro de algodão impregnado com nanopartículas de prata no tempo de cultivo de 48h (f).



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ao avaliar as placas é possível notar que nos três ensaios efetuados houve uma diminuição significativa dos microorganismos nos filtros impregnados com nanopartículas de prata e isto revela a eficácia dos mesmos na erradicação dos bioaerossóis. Porém, apenas através da análise das placas não foi possível avaliar quantitativamente a porcentagem de erradicação, já que, foi encontrada uma vasta variedade de microorganismos e alguns com anatomias que impossibilitaram a contagem (como por exemplo, fungos filamentosos).

Inicialmente surgiu a ideia de fazer uma análise por imagem utilizando o programa Image Pro Plus 6 a fim de avaliar a área da placa tomada, todavia, este método desconsideraria o volume tomado pela placa o que não representaria de fato a quantidade real de micro-organismos. Por fim, pensou-se na metodologia de massa seca, empregando uma cultura de micro-organismos em meio líquido com cultivo de 48h.

Com o objetivo de comparar os resultados dos métodos de plaqueamento e contagem de micro-organismos por massa seca após cultivo em meio líquido, os testes foram realizados com as mesmas proporções, ou seja, na placa foram aplicados 10 mL de meio de cultura e 0,5 mL de material particulado em suspensão de NaCl, já nos erlenmeyers utilizados para o cultivo em meio líquido foram adicionados 50 mL de meio de cultura e 2,5 mL de material particulado em presente na solução de NaCl.

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam as médias e os desvios dos valores de massa seca obtidos do cultivo dos micro-organismos contidos no material particulado no tecido de algodão.

Tabela 6: Teor de massa seca obtido no primeiro ensaio do tecido algodão.

| ENSAIO 1 | Massa seca (g) |
|-------------------------|-----------------------|
| Branco | 0,0226 ± 0,0017 |
| Impregnado | 0,0065 ± 0,0017 |
| Branco/HEPA | 0,0245 ± 0,0019 |
| Impregnado/ HEPA | 0 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Tabela 7: Teor de massa seca obtido no segundo ensaio do tecido algodão.

| ENSAIO 2 | Massa seca (g) |
|-------------------------|-----------------------|
| Branco | 0,0232 ± 0,0027 |
| Impregnado | 0,0065 ± 0,0016 |
| Branco/HEPA | 0,0194 ± 0,0034 |
| Impregnado/ HEPA | 0,0005 ± 0,0002 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Tabela 8: Teor de massa seca obtido no terceiro ensaio do tecido algodão.

| ENSAIO 3 | Massa seca (g) |
|-------------------------|-----------------------|
| Branco | 0,0190 ± 0,0024 |
| Impregnado | 0,0025 ± 0,0019 |
| Branco/HEPA | 0,0203 ± 0,0001 |
| Impregnado/ HEPA | 0,0017 ± 0,0008 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

As Tabelas 9, 10 e 11 apresentam as médias e os desvios dos valores de massa seca obtidos do cultivo dos micro-organismos contidos no material particulado no tecido Malha PV.

Tabela 9: Teor de massa seca obtido no primeiro ensaio do tecido Malha PV.

| ENSAIO 1 | Massa seca (g) |
|-------------------------|-----------------------|
| Branco | 0,0227 ± 0,0016 |
| Impregnado | 0,0122 ± 0,0061 |
| Branco/HEPA | 0,0256 ± 0,0080 |
| Impregnado/ HEPA | 0,0062 ± 0,0043 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Tabela 10: Teor de massa seca obtido no segundo ensaio do tecido Malha PV.

| ENSAIO 1 | Massa seca (g) |
|-------------------------|-----------------------|
| Branco | 0,0337 ± 0,0041 |
| Impregnado | 0,0232 ± 0,0057 |
| Branco/HEPA | 0,0257 ± 0,0051 |
| Impregnado/ HEPA | 0,0045 ± 0,0015 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Tabela 11: Teor de massa seca obtido no terceiro ensaio do tecido Malha PV.

| ENSAIO 1 | Massa seca (g) |
|-------------------------|-----------------------|
| Branco | 0,0257 ± 0,0026 |
| Impregnado | 0,0154 ± 0,0051 |
| Branco/HEPA | 0,0185 ± 0,0040 |
| Impregnado/ HEPA | 0,0143 ± 0,0016 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Após serem realizados os ensaios e avaliados os teores de massa seca, foram feitos cálculos de porcentagem de erradicação de micro-organismos baseados na comparação filtro “branco” x filtro Impregnado e entre os filtros HEPA, os quais eram dispostos em um compartimento logo abaixo dos filtros “branco” e Impregnado. Na Tabela 12 estão dispostas as porcentagens mencionadas anteriormente. Já na Tabela 13 estão apresentados os dados das médias das porcentagens de erradicação bem como os desvios correspondentes.

Tabela 12: Porcentagens de erradicação de micro-organismos.

| ALGODÃO | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| ENSAIO 1 | | ENSAIO 2 | | ENSAIO 3 | |
| Filtro “Branco” x Filtro Impregnado | HEPA “Branco” x HEPA Impregnado | Filtro “Branco” x Filtro Impregnado | HEPA “Branco” x HEPA Impregnado | Filtro “Branco” x Filtro Impregnado | HEPA “Branco” x HEPA Impregnado |
| 71,09 % | 100 % | 71,94% | 97,25% | 87,08% | 91,79% |
| MALHA PV | | | | | |
| ENSAIO 1 | | ENSAIO 2 | | ENSAIO 3 | |
| Filtro “Branco” x Filtro Impregnado | HEPA “Branco” x HEPA Impregnado | Filtro “Branco” x Filtro Impregnado | HEPA “Branco” x HEPA Impregnado | Filtro “Branco” x Filtro Impregnado | HEPA “Branco” x HEPA Impregnado |
| 46,32% | 75,62% | 31,13% | 82,62% | 40,13% | 22,70% |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ao avaliar a Tabela 12 é possível notar que os ensaios realizados com o filtro de algodão mostraram que o filtro impregnado possui uma ótima eficiência na erradicação dos bioaerossóis, uma vez que, a porcentagem mínima foi de 71,09 % chegando até a 100,0 % de eliminação. Nota-se que há uma porcentagem maior de eliminação nos filtros Hepa quando comparados com os filtros “branco” x impregnado e isto pode ser um indicativo de eliminação dos micro-organismos após a passagem pelo filtro e não apenas pela retenção do material particulado nos filtros superiores (“branco” e impregnado).

Tabela 13: Média das porcentagens de erradicação e desvios correspondentes.

| Porcentagem de erradicação (%) | ALGODÃO | MALHA PV |
|--|----------------|-----------------|
| Filtro “branco” x Filtro impregnado | 76,70 ± 8,99 | 39,19 ± 7,64 |
| HEPA “branco” x HEPA impregnado | 96,34 ± 4,18 | 60,31 ± 32,76 |

Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

As Figuras de 55 a 66 ilustram os ensaios de placas correspondentes aos ensaios em meio líquido do material particulado contido no filtro de algodão. As duas placas apresentadas nas imagens correspondem a duplicatas da mesma amostra.

Figura 55: Placas referentes aos filtros de algodão “brancos” – Ensaio 1.



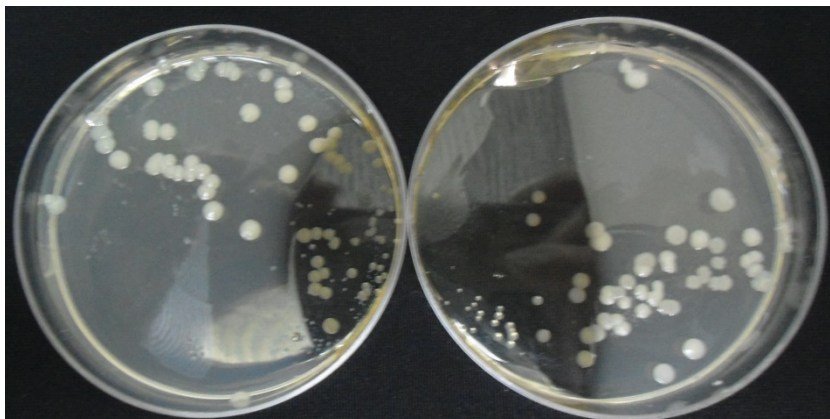
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 56: Placas referentes aos filtros de algodão impregnados – Ensaio 1.



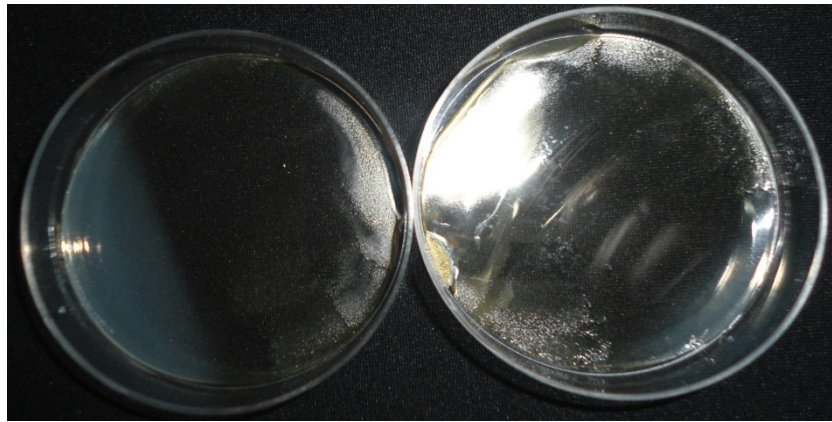
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 57: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de algodão– Ensaio 1



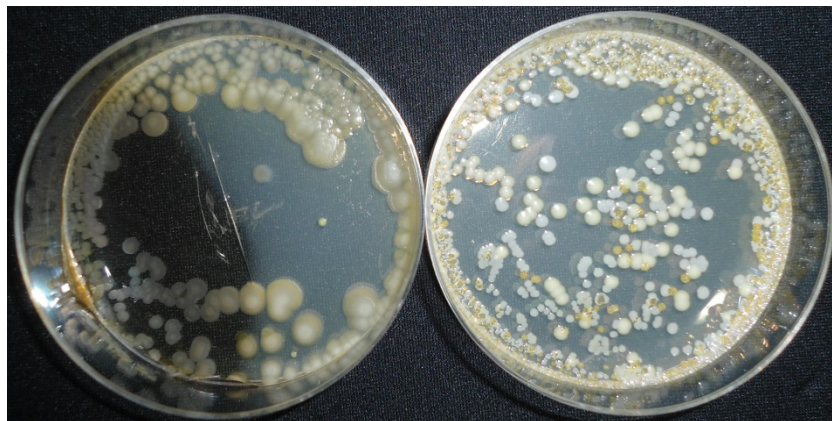
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 58: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnados–
Ensaio 1.



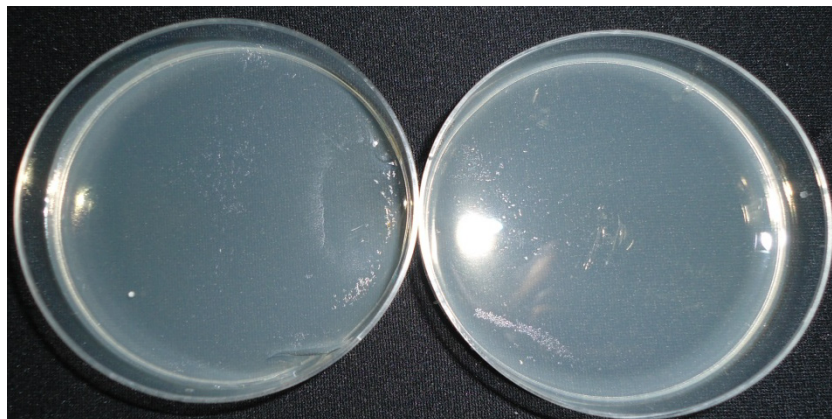
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 59: Placas referentes aos filtros de algodão “brancos” – Ensaio 2.



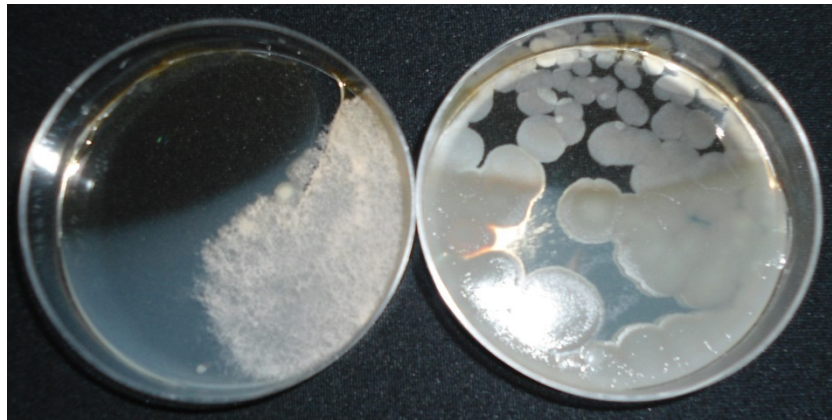
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 60: Placas referentes aos filtros de algodão impregnados – Ensaio 2.



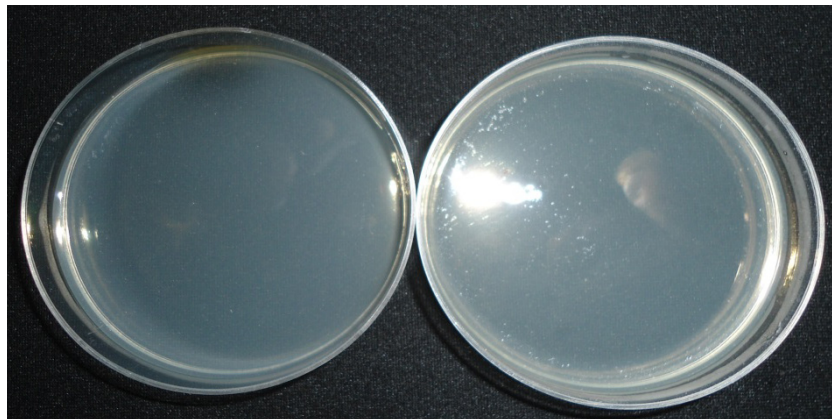
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 61: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de algodão– Ensaio 2.



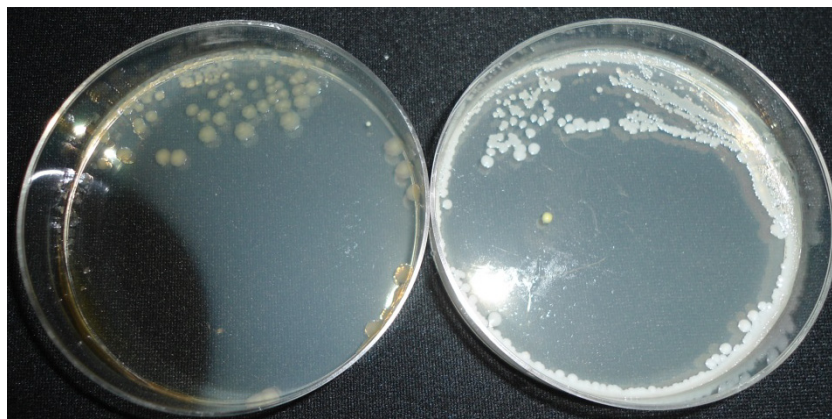
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 62: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado Ensaio 2



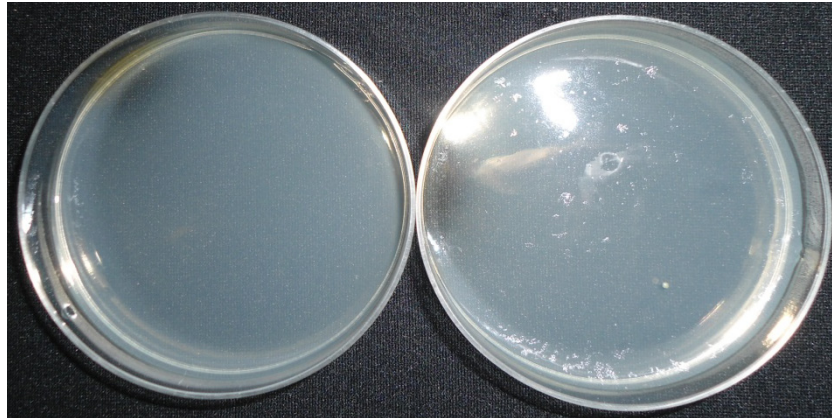
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 63: Placas referentes aos filtros de algodão “brancos” – Ensaio 3.



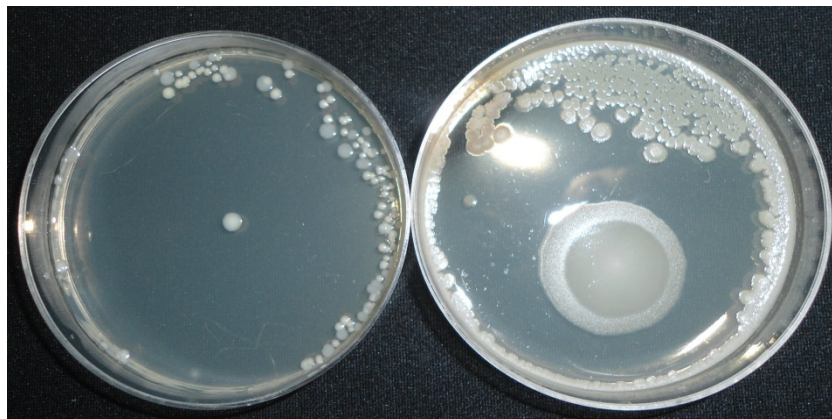
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 64: Placas referentes aos filtros de algodão impregnados – Ensaio 3.



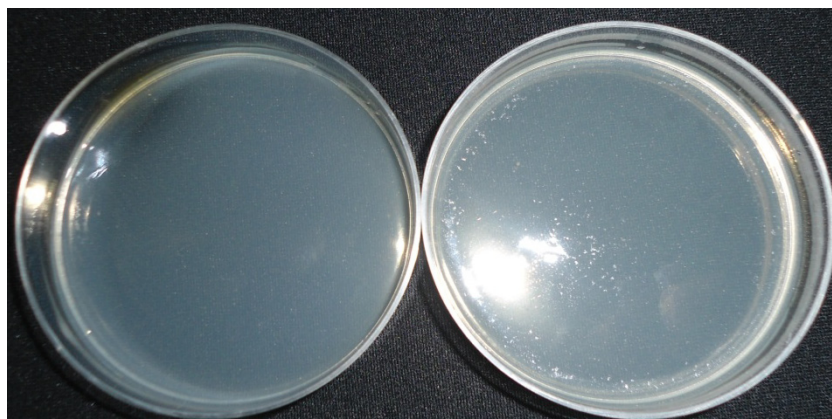
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 65: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de algodão – Ensaio 3.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

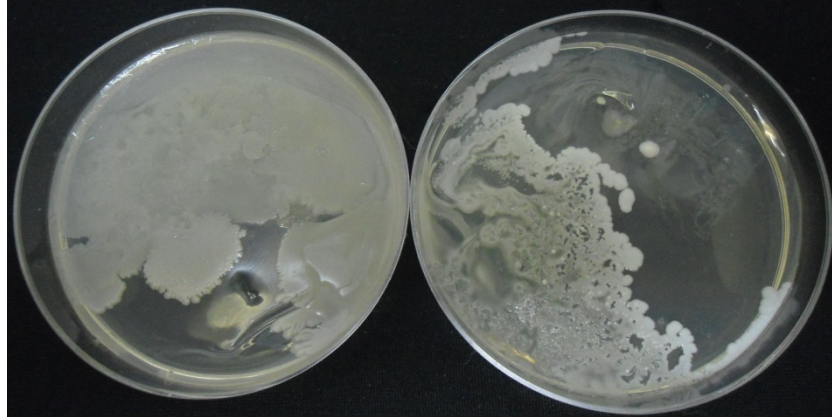
Figura 66: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado – Ensaio 3.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

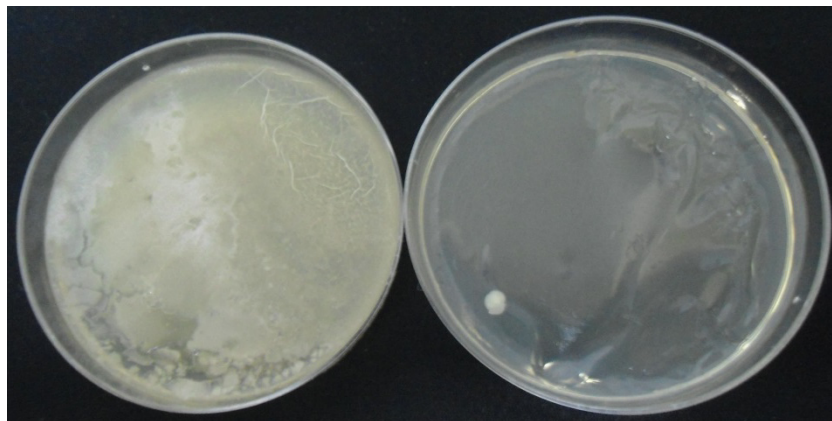
As Figuras de 67 a 78 ilustram os ensaios de placas correspondentes aos ensaios em meio líquido do material particulado contido no filtro de Malha PV.

Figura 67: Placas referentes aos filtros de Malha PV “brancos” – Ensaio 1.



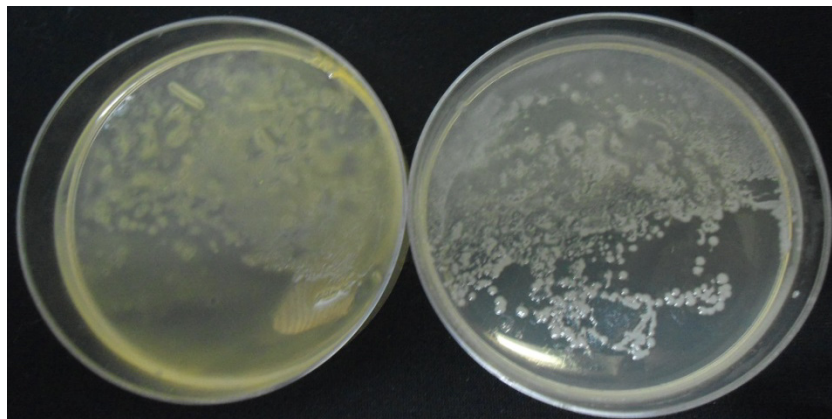
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 68: Placas referentes aos filtros de Malha PV impregnados – Ensaio 1.



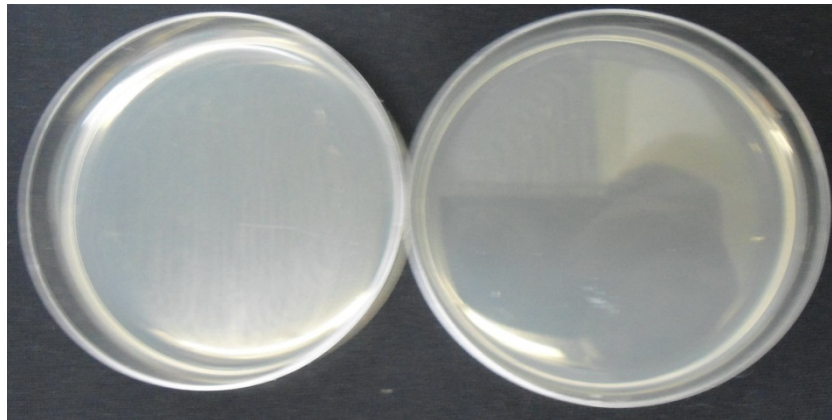
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 69: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de Malha PV – Ensaio 1.



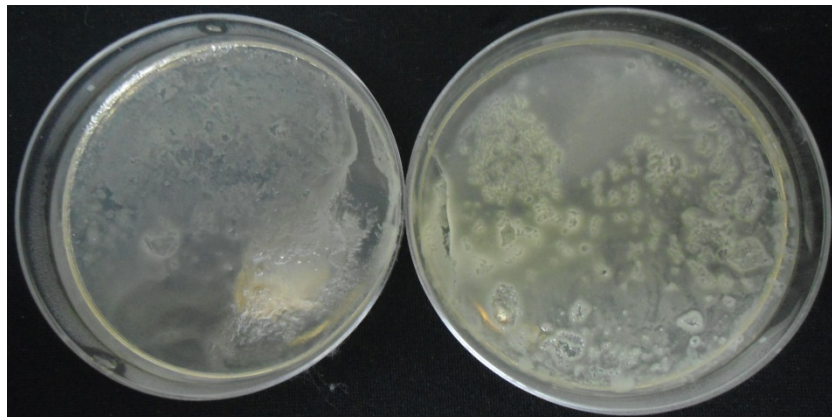
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 70: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado
Ensaio 1.



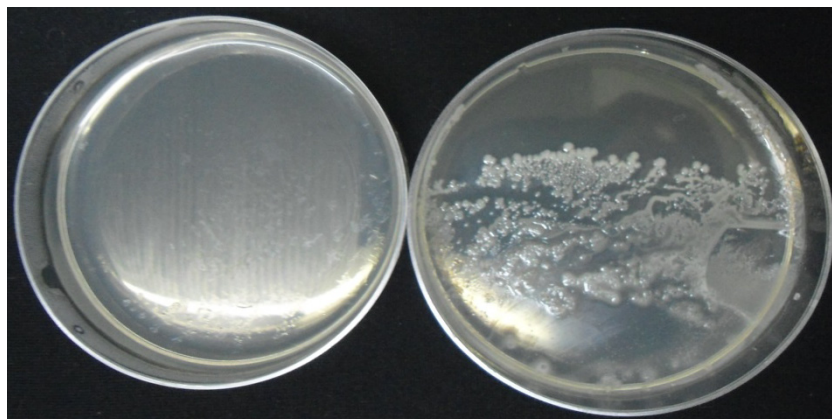
Fonte: Acervo Pessoal

Figura 71: Placas referentes aos filtros de Malha PV “brancos” – Ensaio 2.



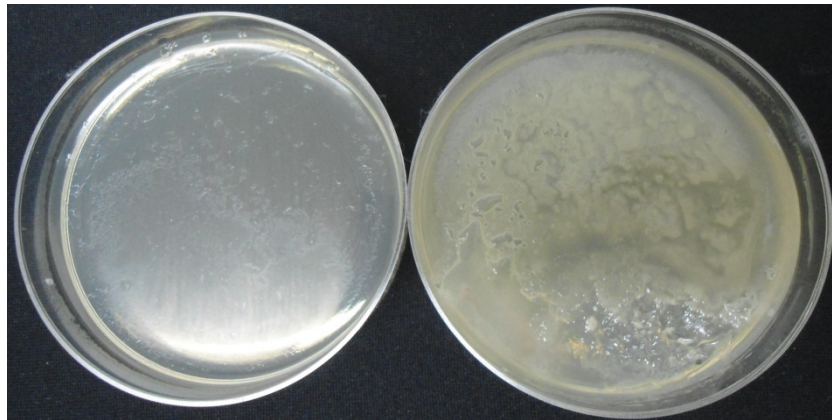
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 72: Placas referentes aos filtros de Malha PV impregnados – Ensaio 2.



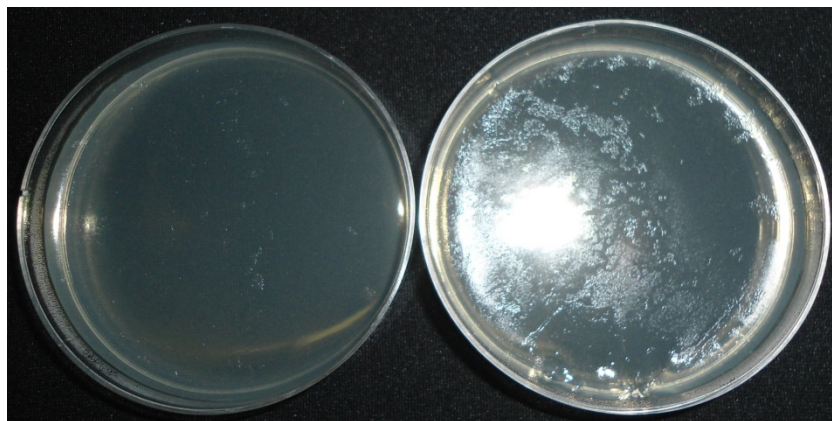
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 73: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de Malha PV– Ensaio 2.



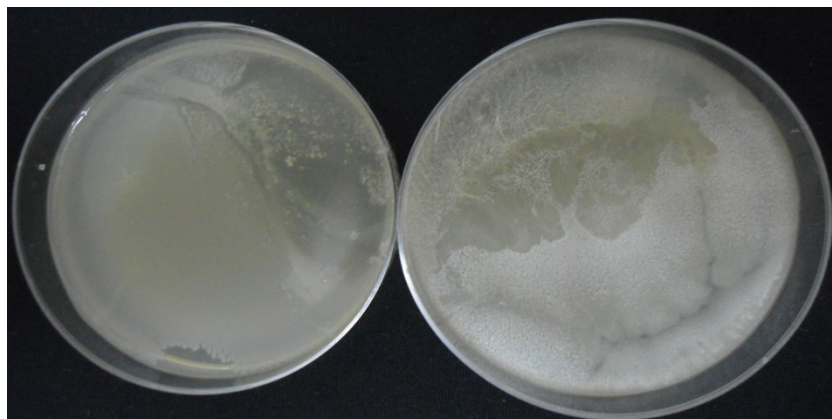
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 74: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado Ensaio 2



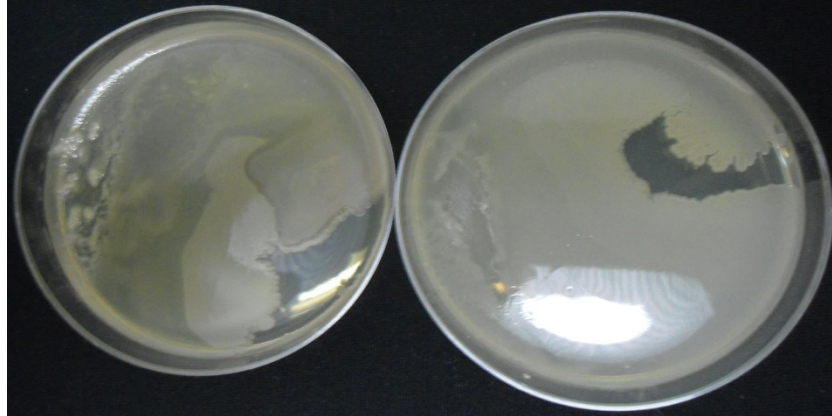
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 75: Placas referentes aos filtros de Malha PV “brancos” – Ensaio 3



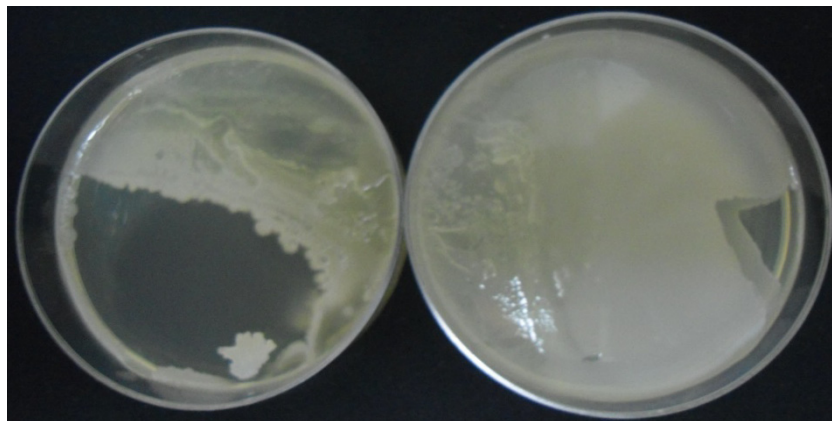
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 76: Placas referentes aos filtros de Malha PV impregnados – Ensaio 3



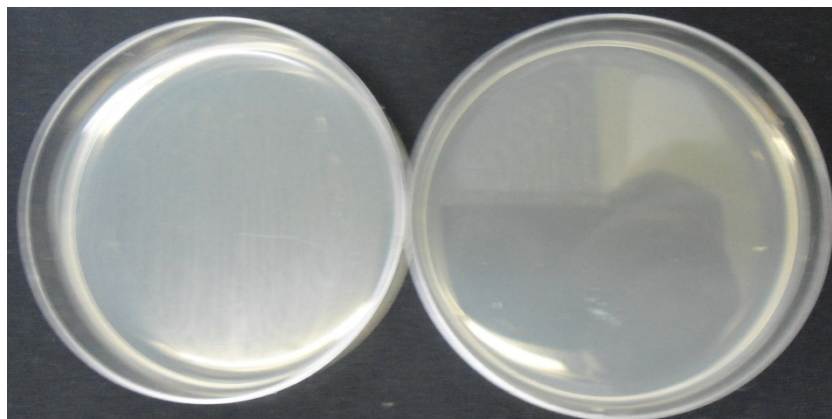
Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 77: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro “branco” de Malha PV– Ensaio 3.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Figura 78: Placas referentes aos filtros HEPA dispostos abaixo do filtro impregnado Ensaio 3.



Fonte: Acervo Pessoal, 2014.

Ao avaliar a Tabela 13 e as Figuras de 55 a 78 é possível notar que, de fato, os filtros desenvolvidos possuem poder biocida, ou seja, possuem capacidade de erradicar os micro-organismos. O fato do tecido algodão impregnado com nanopartículas de prata ter a capacidade de erradicação de micro-organismos maior que tecido Malha PV pode estar relacionado ao espaçamento entre as tramas do tecido. Esta maior eliminação também pode estar relacionada com a interação das nanopartículas com as fibras dos tecidos, uma vez que os tecidos possuem diferentes composições. Portanto, o ensaio de placas em conjunto com o ensaio em meio líquido foram satisfatórios na determinação dos teores de eliminação, todavia, muitos estudos ainda são necessários para a melhor compreensão dos mecanismos de eliminação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que atualmente tem-se uma vasta preocupação em avaliar e minimizar a contaminação de ambientes, esta dissertação buscou contribuir com os estudos acerca da minimização de bioaerossóis em ambientes internos.

Foi possível concluir, que as sínteses das nanopartículas de prata pelo método do citrato (Turkevich modificado) foram realizadas com sucesso sendo comprovadas pelas técnicas de Espectroscopia de Absorção Molecular, Microscopia Eletrônica de Varredura e Microscopia Eletrônica de Transmissão. Pode-se observar também que a faixa de tamanho de nanopartículas sintetizadas é, em média, 50 nm.

Também foi obtido êxito na impregnação dos filtros, as quais foram confirmadas, da mesma forma, pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura.

Os meios filtrantes Malha PV, Algodão apresentaram características como permeabilidade e eficiência de coleta satisfatórias, visto que, quando comparados com filtros usualmente utilizados em operações de filtração encontram valores próximos.

As placas preparadas mostraram que, de fato, os filtros impregnados com nanopartículas de prata possuem efeito biocida. Nos ensaios de massa seca realizados notou-se um grande efeito biocida dos tecidos impregnados, especialmente o tecido algodão que demonstrou valores de erradicação de 71 a 100%. Já para o tecido de malha PV conclui-se que há eliminação, mas os teores ainda estão muito abaixo dos almejados sendo a porcentagem de erradicação de micro-organismos de 22 a 82%. Desta forma, é necessário, em trabalho futuros, avaliar a interação dos tecidos com as nanopartículas de prata, pois através dos ensaios efetuados nota-se uma grande divergência na eliminação de micro-organismos dos dois tecidos estudados.

Este trabalho apresenta como característica predominante a multidisciplinaridade que constitui uma modalidade em ascensão e que vem ganhando espaço. Este espaço está sendo conquistado por, muitas vezes, apresentar aplicações diretas em indústrias e academias, pois com o encontro de várias áreas tem-se a diminuição da fragmentação do conhecimento.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar a concentração de nanopartículas nos filtros;
- Estudar o efeito de nanopartículas de cobre em experimentos similares;
- Avaliar a eficiência de erradicação em filtros comumente utilizados em indústrias (filtros manga);
- Avaliar o efeito de filtros impregnados com nanopartículas de diferentes espécies e/ou nanocompósitos que possuam efeito biocida.
- Selecionar micro-organismos comuns em ambientes internos e testar a eficácia dos filtros nos mesmos.
- Avaliar o efeito da interação dos tecidos com as AgNPs.
- Avaliar a durabilidade do filtro, ou seja, submetê-lo a lavagens e avaliar a sua eficácia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT/TB-392. Materiais têxteis- Ligamentos fundamentais de tecidos plano-Terminologia. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1991.

AMERICAN LUNG ASSOCIATION. Indoor Air Quality and its Effects on Health. **Asthma magazine**; 5, 5:22-23, 2000.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO - RE/ANVISA N°9** de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br> acesso em 25/07/2012.

BRICKUS,L.S.R; AQUINO NETO, F.R.. A qualidade do ar de interiores e a química. *Química Nova*, 22, 1:65-74, 1999.

CASAGRANDE, J.J.C. Efeito antimicrobiano de nanopartículas de prata, cobre, ouro e níquel contra *Strestococcus mutans*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma- SP, 2010.

CATRANIS, C. M.; ANAGNOST, S. E.; ZHANG, L.; ZHOU, S.; FERNANDO, A.; MOREY, S.; WANG, C. J. K. A new sub-sampling method for analysis of air samples collected with the Andersen single-stage sampler. **Aerobiologia**, 22, 177-184, 2006.

COURY, J.R. Filtração de Gases Em Filtros Granulares. In: J. T. FREIRE; J. C. GUBULIN. **Tópicos especiais de sistemas particulados** - Vol. 2. São Carlos - SP: UFSCar, 1986. p. 65-121.

DANG,T.M.D.; LE, T.T.T.; FRIBOURG-BLANE, E.; DANG,M.C. Synthesis and optical properties of copper nanoparticles prepared by a chemical reduction method. **Advances in Natural sciences: Nanosci. Nanotechnol.**, 2,2011.

- DEDAVID, B.A.; GOMES, C.I.; MACHADO,G. Microscopia eletrônica de varredura – Aplicações e preparação de amostras. Editora EdiPUCRS, cap.1, 2007.
- DICKENSON,C. Filters and Filtration Handbook. 3^a ed. Oxford: Elsevier Advanced Technology, 1994.
- DONOVAN, R.P. Fabric Filtration of Combustion Sources. New York, Marcel Dekker Inc., 1985.
- DULLIEN, F.A.L. Introduction to industrial gas cleaning. **Academic Press**, 285, 1989.
- FENG,Q.L.; WU, J.;CHEN, G.Q.; CUI,F.Z.; KIM,T.N.; KIM,J.O. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Journal of Biomedical Materials Research**, 52; 4: 662- 668, 2000.
- FUJII, R.K. Avaliação da qualidade do ar em duas estações de metrô de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- GIODA, A.; AQUINO NETO,F.R. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não-industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. **Cad. Saúde Pública**, 19;5: 1389-1397, 2003.
- GORUP, L.F.; LONGO, E.; LEITE, E.R.; CAMARGO, E. R. Moderating effect of ammonia on particle growth and stability of quasi-monodisperse silver nanoparticles synthesized by the Turkevich method. *Journal of Colloid and Interface Science*, 360; 2: 355-358.
- HARDMAN, E. Filter media selection, science or black art? *The Journal of the Filtration Society*, 2: 11-14, 2001.
- HARRIS,D.C.; BONAPACE, J.A.P.; BARCIA, O.E. Análise Química Quantitativa. 6^a edição, editora LTC, 2005.

- HUANG,H.H.;N.F.Q.;KEK,Y.M.;CHEW,C.H.;XU,G.Q.;JI,W.;OH,P.S.;TANG,S.H. Synthesis, Characterization, and Nonlinear Optical Properties of Copper Nanoparticles. *Langmuir*, 13,2: 172-175, 1997.
- HERNÁNDEZ-SIERRA, J.F.;RUIZ,F.; CRUZ PENA,D.C.; MARTÍNEZ.G,F.; MARTÍNEZ,A.E.; JESÚS,P.G.A.; The antimicrobial sensitivity of Streptococcus mutans to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold. *Nanomedicine*, 4: 237-249, 2008.
- HINDS, W.C. **Aerosol Technology**: properties, behavior and measurement of airborne particles. 2.ed., New York: John Willey & Sons, 1999.
- INNOCENTINI, M. D.M.; SALVANI, V.R.;PARDO,A.R.F.; PANDOLFELLI, V.C. How accurate is Darcy's Law for refractories. *American Ceramic Society Bulletin*, 78: 64-68, 1999.
- JORGE, A.O.C. **Princípios de Microbiologia e Imunologia**. São Paulo: Livraria Santos Editora Ltda, 2006.
- LEE,B,U.;HONG, I.G.; LEE,D.H.; CHONG,E.; JUNG,J.H.; LEE,J.H.; KIM,H.J.; LEE,I. Bacterial Bioaerosol Concentration in Public Restroom Environments. *Aerosol and Air Quality Research*, 12: 251-255, 2012.
- LEE, J.; JO, W. Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high- Rise apartment buildings. *Environ.Research.*, 101: 11-17, 2006.
- LEE, P. C.; MEISEL, D. Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols. *J. Phys. Chem.*, 86: 3391,1982.
- LÍZ-MARZÁN, L.M. Nanometals formation and color. *Materialstoday*, 26-31, 2004.

LU, X.; RYCENGA,M.; SKRABALAK,S.E.; WILEY, B.; XIA, Y. Chemical synthesis of novel plasmonic nanoparticles. **Annual review of physical chemistry**, 60: 167-192, 2009.

MANNHEIMER, W. **Microscopia dos Materiais - Uma Introdução**. E-papers, edição: Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise, 2002.

MIN, J.S.; KIM,K.S.; KIM, S.W.; JUNG,J.H.; LAMSAL,K.; KIM,S.B.; JUNG.M.; LEE,Y.S. Effects of Colloidal Silver Nanoparticles on Sclerotium-Forming Phytopathogenic Fungi. **Plant Pathol. J.**, 25 (4) : 376-380, 2009.

MOCK, J. J.; BARBIC, M.; SMITH, D. R.; SCHULTZ, D. A.; SCHULTZ, S. Shape effects in plasmon resonance of individual colloidal silver nanoparticles. **The Journal of Chemical Physics**, 116, 6755, 2002.

MORONES,J.R.; ELECHIGERRA,J.L.; CAMACHO,A.; HOLT,K.; KOURI,J.B.; RAMÍREZ,J.T.; YACAMAN,M.J. The bactericidal effect of silver nanoparticles. **Nanotechnology**, 16: 2346-2353, 2005.

NASCIMENTO, G.C. Avaliação da qualidade do ar em ambientes internos: biblioteca pública. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2011.

OBBARD, G. I.; VISWANATHAN, J. P.; HUANG, S. Y. Airborne bacterial and fungal spores in the indoor environment - a case of study in Singapore. **Acta Biotechnology**, 20; 1:67-73, 2000.

PARK, B.K.; JEONG,S.; KIM,D.;MOON,J.;LIM,S.;KIM,J.S. Synthesis and size control monodisperse copper nanoparticles by polyol method. **Journal of Colloid and Interface Science**, 311: 417-424, 2007.

POLLINI, M.; PALADINI,F.; CATALANO,M.; TAURINO,A.; LICCIULLI,A.; MAFEZZOLI,A.; SANNINO,A. Antibacterial coatings on haemodialysis catheters by photochemical deposition of silver nanoparticles. **J Mater Sci: Mater Med**, 22:2005–2012, 2011.

QUINA, F. Nanotecnologia e o meio ambiente: Perspectivas e Riscos. **Quim. Nova**, 27;6: 1028-1029, 2004.

RAI, M.; YADAV,A.; GADE, A.; Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. **Biotechnology Advances**, 27: 76-83, 2009.

SCHIRMER, W.N.; PIAN, L.B.; SZYMANSKI, M.S.E.; GAUER, M, A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, 16; 8: 3583-3590, 2011.

SELTZER, J. M. Biological contaminants. **J. Allergy Clin. Immunol.**, 94; 2:318-326, 1994.

SEVILLE, J.P.K. **Gas Cleaning in Demanding Applications**. Blackie Academia& Professional. School of Chemical Engineering; The University of Birmingham, UK, 1º edição, 1997.

SHRESTHA,R.; JOSHI,D.R.; GOPALI. J.; PIYA,S. Oligodynamic Action of Silver, Copper and Brass on Enteric Bacteria Isolated from Water of Kathmandu Valley. **Nepal Journal of Science and Technology**,10: 189-193, 2009.

SKOOG, D.A.; HOLLER,F.J.; NIEMAN,T.A. Princípios de Análise Instrumental. 5ª edição, Bookman, 2002.

SPURNY,K.R. Advances in aerossol filtration. Florida: CRC Press LLC, 1998,p. 533.

TANABE, E.H. Desempenho de meios filtrantes na filtração de gases a altas pressões. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

THURMAN, R.B.; GERBA, C.P. Molecular Mechanisms of Viral Inactivation by Water Disinfectants. **Advances in Applied Microbiology**, 33: 75-105, 1988.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 8ª edição, 2006.

TURKEVICH, J.; STEVENSON, P.C.; HILLIER, J. Nucleation and Growth Process in the Synthesis of Colloidal Gold. **Discuss. Faraday Soc.**, 11: 55-75, 1951.

WANG, S.; ANG, H.M.; TADE, M.O. Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art. **Environ. Int.**, 33;5: 694-705, 2007.

WILLIAMS, D.B.; CARTER, C.B. The Transmission Electron Microscope. Editora Springer, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Indoor Air Quality: Organic Pollutants*. EURO Reports and Studies n. 111. Copenhagen; 1989.

APÊNDICE

Dados utilizados para os cálculos de Permeabilidade dos filtros “brancos”.

Tabela A 1: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (a).

| MALHA PV | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 1 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,02 | 0,1962 | 456,2790698 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,05 | 0,4905 | 1140,697674 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,08 | 0,7848 | 1825,116279 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,11 | 1,0791 | 2509,534884 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,14 | 1,3734 | 3193,953488 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,17 | 1,6677 | 3878,372093 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,2 | 1,962 | 4562,790698 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,23 | 2,2563 | 5247,209302 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,26 | 2,5506 | 5931,627907 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,29 | 2,8449 | 6616,046512 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,32 | 3,1392 | 7300,465116 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594235 | 0,040559904 | 0,35 | 3,4335 | 7984,883721 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339145 | 0,044388986 | 0,38 | 3,7278 | 8669,302326 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084056 | 0,048218068 | 0,43 | 4,2183 | 9810 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356178 | 0,052472603 | 0,46 | 4,5126 | 10494,4186 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628301 | 0,056727138 | 0,5 | 4,905 | 11406,97674 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,658900423 | 0,060981674 | 0,53 | 5,1993 | 12091,39535 |

Tabela A 2: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (b).

| MALHA PV | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 2 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,02 | 0,1962 | 456,2790698 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,04 | 0,3924 | 912,5581395 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,06 | 0,5886 | 1368,837209 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,08 | 0,7848 | 1825,116279 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,11 | 1,0791 | 2509,534884 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,13 | 1,2753 | 2965,813953 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,15 | 1,4715 | 3422,093023 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,18 | 1,7658 | 4106,511628 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,2 | 1,962 | 4562,790698 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,22 | 2,1582 | 5019,069767 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,24 | 2,3544 | 5475,348837 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594235 | 0,040559904 | 0,26 | 2,5506 | 5931,627907 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339145 | 0,044388986 | 0,29 | 2,8449 | 6616,046512 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084056 | 0,048218068 | 0,33 | 3,2373 | 7528,604651 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356178 | 0,052472603 | 0,35 | 3,4335 | 7984,883721 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628301 | 0,056727138 | 0,38 | 3,7278 | 8669,302326 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,658900423 | 0,060981674 | 0,41 | 4,0221 | 9353,72093 |

Tabela A 3: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (c).

| MALHA PV | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Filtro 3 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003525649 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,02 | 0,1962 | 456,2790698 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003525649 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,05 | 0,4905 | 1140,697674 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003525649 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,07 | 0,6867 | 1596,976744 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003525649 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,09 | 0,8829 | 2053,255814 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003525649 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,11 | 1,0791 | 2509,534884 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003525649 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,13 | 1,2753 | 2965,813953 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003525649 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,15 | 1,4715 | 3422,093023 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003525649 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,18 | 1,7658 | 4106,511628 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003525649 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,2 | 1,962 | 4562,790698 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003525649 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,23 | 2,2563 | 5247,209302 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003525649 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,25 | 2,4525 | 5703,488372 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003525649 | 2,433594235 | 0,040559904 | 0,27 | 2,6487 | 6159,767442 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003525649 | 2,663339145 | 0,044388986 | 0,3 | 2,943 | 6844,186047 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003525649 | 2,893084056 | 0,048218068 | 0,33 | 3,2373 | 7528,604651 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003525649 | 3,148356178 | 0,052472603 | 0,35 | 3,4335 | 7984,883721 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003525649 | 3,403628301 | 0,056727138 | 0,37 | 3,6297 | 8441,162791 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003525649 | 3,658900423 | 0,060981674 | 0,41 | 4,0221 | 9353,72093 |

Tabela A 4: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV (d).

| MÉDIA | |
|------------------|-------------|
| MALHA PV | |
| Velocidade (m/s) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 0,003862173 | 456,2790698 |
| 0,006476348 | 1064,651163 |
| 0,00940725 | 1596,976744 |
| 0,012527243 | 2129,302326 |
| 0,015789054 | 2737,674419 |
| 0,019145409 | 3270 |
| 0,022549037 | 3802,325581 |
| 0,025999938 | 4486,744186 |
| 0,029545385 | 5019,069767 |
| 0,033138103 | 5627,44186 |
| 0,036778095 | 6159,767442 |
| 0,040559904 | 6692,093023 |
| 0,044388986 | 7376,511628 |
| 0,048218068 | 8289,069767 |
| 0,052472603 | 8821,395349 |
| 0,056727138 | 9505,813953 |
| 0,060981674 | 10266,27907 |

Tabela A 5: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (a).

| ALGODÃO | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Filtro 1 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,09 | 0,8829 | 4204,285714 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,16 | 1,5696 | 7474,285714 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,23 | 2,2563 | 10744,28571 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,3 | 2,943 | 14014,28571 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,38 | 3,7278 | 17751,42857 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,47 | 4,6107 | 21955,71429 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,54 | 5,2974 | 25225,71429 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,64 | 6,2784 | 29897,14286 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,71 | 6,9651 | 33167,14286 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,81 | 7,9461 | 37838,57143 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,9 | 8,829 | 42042,85714 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594235 | 0,040559904 | 1 | 9,81 | 46714,28571 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339145 | 0,044388986 | 1,09 | 10,6929 | 50918,57143 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084056 | 0,048218068 | 1,18 | 11,5758 | 55122,85714 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356178 | 0,052472603 | 1,27 | 12,4587 | 59327,14286 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628301 | 0,056727138 | 1,37 | 13,4397 | 63998,57143 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,658900423 | 0,060981674 | 1,46 | 14,3226 | 68202,85714 |

Tabela A 6: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (b).

| ALGODÃO | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 2 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,00087 | 0,93908046 | 0,015651341 | 0,08 | 0,7848 | 3737,142857 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,00087 | 1,574712644 | 0,026245211 | 0,15 | 1,4715 | 7007,142857 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,00087 | 2,287356322 | 0,038122605 | 0,22 | 2,1582 | 10277,14286 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,00087 | 3,045977011 | 0,050766284 | 0,3 | 2,943 | 14014,28571 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,00087 | 3,83908046 | 0,063984674 | 0,37 | 3,6297 | 17284,28571 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,00087 | 4,655172414 | 0,077586207 | 0,44 | 4,3164 | 20554,28571 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,00087 | 5,482758621 | 0,09137931 | 0,51 | 5,0031 | 23824,28571 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,00087 | 6,32183908 | 0,105363985 | 0,63 | 6,1803 | 29430 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,00087 | 7,183908046 | 0,119731801 | 0,69 | 6,7689 | 32232,85714 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,00087 | 8,057471264 | 0,134291188 | 0,8 | 7,848 | 37371,42857 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,00087 | 8,942528736 | 0,149042146 | 0,89 | 8,7309 | 41575,71429 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,00087 | 9,862068966 | 0,164367816 | 0,98 | 9,6138 | 45780 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,00087 | 10,79310345 | 0,179885057 | 1,1 | 10,791 | 51385,71429 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,00087 | 11,72413793 | 0,195402299 | 1,21 | 11,8701 | 56524,28571 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,00087 | 12,75862069 | 0,212643678 | 1,3 | 12,753 | 60728,57143 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,00087 | 13,79310345 | 0,229885057 | 1,37 | 13,4397 | 63998,57143 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,00087 | 14,82758621 | 0,247126437 | 1,49 | 14,6169 | 69604,28571 |

Tabela A 7: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (c).

| ALGODÃO | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 3 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,00087 | 0,93908046 | 0,015651341 | 0,08 | 0,7848 | 3737,142857 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,00087 | 1,574712644 | 0,026245211 | 0,16 | 1,5696 | 7474,285714 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,00087 | 2,287356322 | 0,038122605 | 0,23 | 2,2563 | 10744,28571 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,00087 | 3,045977011 | 0,050766284 | 0,3 | 2,943 | 14014,28571 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,00087 | 3,83908046 | 0,063984674 | 0,37 | 3,6297 | 17284,28571 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,00087 | 4,655172414 | 0,077586207 | 0,45 | 4,4145 | 21021,42857 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,00087 | 5,482758621 | 0,09137931 | 0,52 | 5,1012 | 24291,42857 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,00087 | 6,32183908 | 0,105363985 | 0,64 | 6,2784 | 29897,14286 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,00087 | 7,183908046 | 0,119731801 | 0,7 | 6,867 | 32700 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,00087 | 8,057471264 | 0,134291188 | 0,8 | 7,848 | 37371,42857 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,00087 | 8,942528736 | 0,149042146 | 0,9 | 8,829 | 42042,85714 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,00087 | 9,862068966 | 0,164367816 | 1,02 | 10,0062 | 47648,57143 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,00087 | 10,79310345 | 0,179885057 | 1,11 | 10,8891 | 51852,85714 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,00087 | 11,72413793 | 0,195402299 | 1,23 | 12,0663 | 57458,57143 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,00087 | 12,75862069 | 0,212643678 | 1,31 | 12,8511 | 61195,71429 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,00087 | 13,79310345 | 0,229885057 | 1,4 | 13,734 | 65400 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,00087 | 14,82758621 | 0,247126437 | 1,51 | 14,8131 | 70538,57143 |

Tabela A 8: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO (d).

| MÉDIA | |
|------------------|-------------|
| ALGODÃO | |
| Velocidade (m/s) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 0,011721618 | 3892,857143 |
| 0,01965559 | 7318,571429 |
| 0,02855082 | 10588,57143 |
| 0,038019937 | 14014,28571 |
| 0,047919467 | 17440 |
| 0,058105941 | 21177,14286 |
| 0,068435886 | 24447,14286 |
| 0,078909303 | 29741,42857 |
| 0,089669662 | 32700 |
| 0,100573493 | 37527,14286 |
| 0,111620795 | 41887,14286 |
| 0,123098512 | 46714,28571 |
| 0,1347197 | 51385,71429 |
| 0,146340888 | 56368,57143 |
| 0,15925332 | 60417,14286 |
| 0,172165751 | 64465,71429 |
| 0,185078182 | 69448,57143 |

Tabela A 9: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (a).

| POLIÉSTER | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 1 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,06 | 0,5886 | 1279,565217 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,11 | 1,0791 | 2345,869565 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,16 | 1,5696 | 3412,173913 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,21 | 2,0601 | 4478,478261 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,26 | 2,5506 | 5544,782609 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,31 | 3,0411 | 6611,086957 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,36 | 3,5316 | 7677,391304 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,42 | 4,1202 | 8956,956522 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,47 | 4,6107 | 10023,26087 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,54 | 5,2974 | 11516,08696 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,6 | 5,886 | 12795,65217 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594235 | 0,040559904 | 0,66 | 6,4746 | 14075,21739 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339145 | 0,044388986 | 0,71 | 6,9651 | 15141,52174 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084056 | 0,048218068 | 0,81 | 7,9461 | 17274,13043 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356178 | 0,052472603 | 0,87 | 8,5347 | 18553,69565 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628301 | 0,056727138 | 0,94 | 9,2214 | 20046,52174 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,658900423 | 0,060981674 | 1,01 | 9,9081 | 21539,34783 |

Tabela A 10: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (b).

| POLIÉSTER | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 2 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,06 | 0,5886 | 1279,565217 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,11 | 1,0791 | 2345,869565 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,17 | 1,6677 | 3625,434783 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,21 | 2,0601 | 4478,478261 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,25 | 2,4525 | 5331,521739 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,31 | 3,0411 | 6611,086957 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,36 | 3,5316 | 7677,391304 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,41 | 4,0221 | 8743,695652 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,47 | 4,6107 | 10023,26087 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,54 | 5,2974 | 11516,08696 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,6 | 5,886 | 12795,65217 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594235 | 0,040559904 | 0,66 | 6,4746 | 14075,21739 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339145 | 0,044388986 | 0,72 | 7,0632 | 15354,78261 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084056 | 0,048218068 | 0,77 | 7,5537 | 16421,08696 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356178 | 0,052472603 | 0,83 | 8,1423 | 17700,65217 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628301 | 0,056727138 | 0,89 | 8,7309 | 18980,21739 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,658900423 | 0,060981674 | 0,96 | 9,4176 | 20473,04348 |

Tabela A 11: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (c).

| POLIÉSTER | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 3 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003525649 | 0,23173036 | 0,003862173 | 0,06 | 0,5886 | 1279,565217 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003525649 | 0,388580898 | 0,006476348 | 0,12 | 1,1772 | 2559,130435 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003525649 | 0,564435027 | 0,00940725 | 0,17 | 1,6677 | 3625,434783 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003525649 | 0,751634583 | 0,012527243 | 0,21 | 2,0601 | 4478,478261 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003525649 | 0,94734321 | 0,015789054 | 0,25 | 2,4525 | 5331,521739 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003525649 | 1,148724552 | 0,019145409 | 0,32 | 3,1392 | 6824,347826 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003525649 | 1,35294225 | 0,022549037 | 0,36 | 3,5316 | 7677,391304 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003525649 | 1,559996305 | 0,025999938 | 0,41 | 4,0221 | 8743,695652 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003525649 | 1,772723073 | 0,029545385 | 0,48 | 4,7088 | 10236,52174 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003525649 | 1,988286199 | 0,033138103 | 0,54 | 5,2974 | 11516,08696 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003525649 | 2,206685682 | 0,036778095 | 0,6 | 5,886 | 12795,65217 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003525649 | 2,433594235 | 0,040559904 | 0,66 | 6,4746 | 14075,21739 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003525649 | 2,663339145 | 0,044388986 | 0,73 | 7,1613 | 15568,04348 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003525649 | 2,893084056 | 0,048218068 | 0,78 | 7,6518 | 16634,34783 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003525649 | 3,148356178 | 0,052472603 | 0,84 | 8,2404 | 17913,91304 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003525649 | 3,403628301 | 0,056727138 | 0,9 | 8,829 | 19193,47826 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003525649 | 3,658900423 | 0,060981674 | 0,96 | 9,4176 | 20473,04348 |

Tabela A 12: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER (d).

| MÉDIA | |
|------------------|-------------|
| POLIÉSTER | |
| Velocidade (m/s) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 0,003862173 | 1279,565217 |
| 0,006476348 | 2416,956522 |
| 0,00940725 | 3554,347826 |
| 0,012527243 | 4478,478261 |
| 0,015789054 | 5402,608696 |
| 0,019145409 | 6682,173913 |
| 0,022549037 | 7677,391304 |
| 0,025999938 | 8814,782609 |
| 0,029545385 | 10094,34783 |
| 0,033138103 | 11516,08696 |
| 0,036778095 | 12795,65217 |
| 0,040559904 | 14075,21739 |
| 0,044388986 | 15354,78261 |
| 0,048218068 | 16776,52174 |
| 0,052472603 | 18056,08696 |
| 0,056727138 | 19406,73913 |
| 0,060981674 | 20828,47826 |

Dados utilizados para os cálculos de Permeabilidade dos filtros impregnados.

Tabela A 13: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (a).

| MALHA PV | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 1 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,02 | 0,1962 | 456,2791 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,04 | 0,3924 | 912,5581 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,06 | 0,5886 | 1368,837 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,09 | 0,8829 | 2053,256 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,11 | 1,0791 | 2509,535 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,13 | 1,2753 | 2965,814 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,15 | 1,4715 | 3422,093 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,18 | 1,7658 | 4106,512 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,21 | 2,0601 | 4790,93 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,24 | 2,3544 | 5475,349 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,26 | 2,5506 | 5931,628 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,28 | 2,7468 | 6387,907 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 0,31 | 3,0411 | 7072,326 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 0,34 | 3,3354 | 7756,744 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 0,37 | 3,6297 | 8441,163 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 0,4 | 3,924 | 9125,581 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 0,43 | 4,2183 | 9810 |

Tabela A 14: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (b).

| MALHA PV | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|--------|--------------|
| Filtro 2 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP(Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,02 | 0,1962 | 456,2791 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,05 | 0,4905 | 1140,698 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,08 | 0,7848 | 1825,116 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,1 | 0,981 | 2281,395 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,12 | 1,1772 | 2737,674 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,13 | 1,2753 | 2965,814 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,15 | 1,4715 | 3422,093 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,18 | 1,7658 | 4106,512 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,2 | 1,962 | 4562,791 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,23 | 2,2563 | 5247,209 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,26 | 2,5506 | 5931,628 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,29 | 2,8449 | 6616,047 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 0,33 | 3,2373 | 7528,605 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 0,36 | 3,5316 | 8213,023 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 0,38 | 3,7278 | 8669,302 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 0,42 | 4,1202 | 9581,86 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 0,45 | 4,4145 | 10266,28 |

Tabela A 15: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (c).

| MALHA PV | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 3 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,01 | 0,0981 | 228,1395 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,03 | 0,2943 | 684,4186 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,05 | 0,4905 | 1140,698 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,09 | 0,8829 | 2053,256 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,11 | 1,0791 | 2509,535 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,12 | 1,1772 | 2737,674 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,14 | 1,3734 | 3193,953 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,17 | 1,6677 | 3878,372 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,2 | 1,962 | 4562,791 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,23 | 2,2563 | 5247,209 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,25 | 2,4525 | 5703,488 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,28 | 2,7468 | 6387,907 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 0,29 | 2,8449 | 6616,047 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 0,32 | 3,1392 | 7300,465 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 0,35 | 3,4335 | 7984,884 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 0,37 | 3,6297 | 8441,163 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 0,41 | 4,0221 | 9353,721 |

Tabela A 16: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido MALHA PV impregnado com nanopartículas de prata (d).

| MÉDIA | |
|------------------|-------------|
| MALHA PV | |
| Velocidade (m/s) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 0,003862 | 380,2326 |
| 0,006476 | 912,5581 |
| 0,009407 | 1444,884 |
| 0,012527 | 2129,302 |
| 0,015789 | 2585,581 |
| 0,019145 | 2889,767 |
| 0,022549 | 3346,047 |
| 0,026 | 4030,465 |
| 0,029545 | 4638,837 |
| 0,033138 | 5323,256 |
| 0,036778 | 5855,581 |
| 0,04056 | 6463,953 |
| 0,044389 | 7072,326 |
| 0,048218 | 7756,744 |
| 0,052473 | 8365,116 |
| 0,056727 | 9049,535 |
| 0,060982 | 9810 |

Tabela A 17: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (a).

| ALGODÃO | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Filtro 1 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,03 | 0,2943 | 1401,429 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,08 | 0,7848 | 3737,143 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,15 | 1,4715 | 7007,143 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,21 | 2,0601 | 9810 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,32 | 3,1392 | 14948,57 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,38 | 3,7278 | 17751,43 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,45 | 4,4145 | 21021,43 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,56 | 5,4936 | 26160 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,65 | 6,3765 | 30364,29 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,73 | 7,1613 | 34101,43 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,87 | 8,5347 | 40641,43 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,93 | 9,1233 | 43444,29 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 1,01 | 9,9081 | 47181,43 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 1,11 | 10,8891 | 51852,86 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 1,19 | 11,6739 | 55590 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 1,28 | 12,5568 | 59794,29 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 1,37 | 13,4397 | 63998,57 |

Tabela A 18: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (b).

| ALGODÃO | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|------------------------|---------|-------------|
| Filtro 2 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP(mmH ₂ O) | ΔP(Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,00087 | 0,93908 | 0,015651 | 0,03 | 0,2943 | 1401,429 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,00087 | 1,574713 | 0,026245 | 0,11 | 1,0791 | 5138,571 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,00087 | 2,287356 | 0,038123 | 0,19 | 1,8639 | 8875,714 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,00087 | 3,045977 | 0,050766 | 0,27 | 2,6487 | 12612,86 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,00087 | 3,83908 | 0,063985 | 0,36 | 3,5316 | 16817,14 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,00087 | 4,655172 | 0,077586 | 0,45 | 4,4145 | 21021,43 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,00087 | 5,482759 | 0,091379 | 0,52 | 5,1012 | 24291,43 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,00087 | 6,321839 | 0,105364 | 0,62 | 6,0822 | 28962,86 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,00087 | 7,183908 | 0,119732 | 0,72 | 7,0632 | 33634,29 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,00087 | 8,057471 | 0,134291 | 0,84 | 8,2404 | 39240 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,00087 | 8,942529 | 0,149042 | 0,98 | 9,6138 | 45780 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,00087 | 9,862069 | 0,164368 | 1,07 | 10,4967 | 49984,29 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,00087 | 10,7931 | 0,179885 | 1,17 | 11,4777 | 54655,71 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,00087 | 11,72414 | 0,195402 | 1,26 | 12,3606 | 58860 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,00087 | 12,75862 | 0,212644 | 1,37 | 13,4397 | 63998,57 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,00087 | 13,7931 | 0,229885 | 1,46 | 14,3226 | 68202,86 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,00087 | 14,82759 | 0,247126 | 1,55 | 15,2055 | 72407,14 |

Tabela A 19: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (c).

| ALGODÃO | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|--------------|
| Filtro 3 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L (m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,00087 | 0,93908 | 0,015651 | 0,08 | 0,7848 | 3737,143 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,00087 | 1,574713 | 0,026245 | 0,16 | 1,5696 | 7474,286 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,00087 | 2,287356 | 0,038123 | 0,24 | 2,3544 | 11211,43 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,00087 | 3,045977 | 0,050766 | 0,3 | 2,943 | 14014,29 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,00087 | 3,83908 | 0,063985 | 0,42 | 4,1202 | 19620 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,00087 | 4,655172 | 0,077586 | 0,46 | 4,5126 | 21488,57 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,00087 | 5,482759 | 0,091379 | 0,53 | 5,1993 | 24758,57 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,00087 | 6,321839 | 0,105364 | 0,59 | 5,7879 | 27561,43 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,00087 | 7,183908 | 0,119732 | 0,67 | 6,5727 | 31298,57 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,00087 | 8,057471 | 0,134291 | 0,76 | 7,4556 | 35502,86 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,00087 | 8,942529 | 0,149042 | 0,86 | 8,4366 | 40174,29 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,00087 | 9,862069 | 0,164368 | 0,99 | 9,7119 | 46247,14 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,00087 | 10,7931 | 0,179885 | 1,13 | 11,0853 | 52787,14 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,00087 | 11,72414 | 0,195402 | 1,23 | 12,0663 | 57458,57 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,00087 | 12,75862 | 0,212644 | 1,33 | 13,0473 | 62130 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,00087 | 13,7931 | 0,229885 | 1,14 | 11,1834 | 53254,29 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,00087 | 14,82759 | 0,247126 | 1,49 | 14,6169 | 69604,29 |

Tabela A 20: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido ALGODÃO impregnado com nanopartículas de prata (d).

| MÉDIA | |
|------------------|-------------|
| ALGODÃO | |
| Velocidade (m/s) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 0,011722 | 2180 |
| 0,019656 | 5450 |
| 0,028551 | 9031,429 |
| 0,03802 | 12145,71 |
| 0,047919 | 17128,57 |
| 0,058106 | 20087,14 |
| 0,068436 | 23357,14 |
| 0,078909 | 27561,43 |
| 0,08967 | 31765,71 |
| 0,100573 | 36281,43 |
| 0,111621 | 42198,57 |
| 0,123099 | 46558,57 |
| 0,13472 | 51541,43 |
| 0,146341 | 56057,14 |
| 0,159253 | 60572,86 |
| 0,172166 | 60417,14 |
| 0,185078 | 68670 |

Tabela A 21: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (a).

| POLIÉSTER | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Filtro 1 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,07 | 0,6867 | 1492,826 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,14 | 1,3734 | 2985,652 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,22 | 2,1582 | 4691,739 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,25 | 2,4525 | 5331,522 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,31 | 3,0411 | 6611,087 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,36 | 3,5316 | 7677,391 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,43 | 4,2183 | 9170,217 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,48 | 4,7088 | 10236,52 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,53 | 5,1993 | 11302,83 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,57 | 5,5917 | 12155,87 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,62 | 6,0822 | 13222,17 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,68 | 6,6708 | 14501,74 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 0,72 | 7,0632 | 15354,78 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 0,8 | 7,848 | 17060,87 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 0,89 | 8,7309 | 18980,22 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 0,97 | 9,5157 | 20686,3 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 1,04 | 10,2024 | 22179,13 |

Tabela A 22: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (b).

| POLIÉSTER | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Filtro 2 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,08 | 0,7848 | 1706,087 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,14 | 1,3734 | 2985,652 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,2 | 1,962 | 4265,217 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,24 | 2,3544 | 5118,261 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,3 | 2,943 | 6397,826 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,35 | 3,4335 | 7464,13 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,41 | 4,0221 | 8743,696 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,47 | 4,6107 | 10023,26 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,52 | 5,1012 | 11089,57 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,57 | 5,5917 | 12155,87 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,62 | 6,0822 | 13222,17 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,69 | 6,7689 | 14715 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 0,74 | 7,2594 | 15781,3 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 0,82 | 8,0442 | 17487,39 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 0,9 | 8,829 | 19193,48 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 0,96 | 9,4176 | 20473,04 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 1,03 | 10,1043 | 21965,87 |

Tabela A 23: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (c).

| POLIÉSTER | | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Filtro 3 | | | | | | | | |
| Rotâmetro | Vazão (L/min) | Vazão (m ³ /min) | Área (m ²) | Velocidade (m/min) | Velocidade (m/s) | ΔP (mmH ₂ O) | ΔP (Pa) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 10 | 0,817 | 0,000817 | 0,003526 | 0,23173 | 0,003862 | 0,06 | 0,5886 | 1279,565 |
| 15 | 1,37 | 0,00137 | 0,003526 | 0,388581 | 0,006476 | 0,12 | 1,1772 | 2559,13 |
| 20 | 1,99 | 0,00199 | 0,003526 | 0,564435 | 0,009407 | 0,17 | 1,6677 | 3625,435 |
| 25 | 2,65 | 0,00265 | 0,003526 | 0,751635 | 0,012527 | 0,23 | 2,2563 | 4905 |
| 30 | 3,34 | 0,00334 | 0,003526 | 0,947343 | 0,015789 | 0,28 | 2,7468 | 5971,304 |
| 35 | 4,05 | 0,00405 | 0,003526 | 1,148725 | 0,019145 | 0,35 | 3,4335 | 7464,13 |
| 40 | 4,77 | 0,00477 | 0,003526 | 1,352942 | 0,022549 | 0,41 | 4,0221 | 8743,696 |
| 45 | 5,5 | 0,0055 | 0,003526 | 1,559996 | 0,026 | 0,47 | 4,6107 | 10023,26 |
| 50 | 6,25 | 0,00625 | 0,003526 | 1,772723 | 0,029545 | 0,52 | 5,1012 | 11089,57 |
| 55 | 7,01 | 0,00701 | 0,003526 | 1,988286 | 0,033138 | 0,58 | 5,6898 | 12369,13 |
| 60 | 7,78 | 0,00778 | 0,003526 | 2,206686 | 0,036778 | 0,63 | 6,1803 | 13435,43 |
| 65 | 8,58 | 0,00858 | 0,003526 | 2,433594 | 0,04056 | 0,7 | 6,867 | 14928,26 |
| 70 | 9,39 | 0,00939 | 0,003526 | 2,663339 | 0,044389 | 0,75 | 7,3575 | 15994,57 |
| 75 | 10,2 | 0,0102 | 0,003526 | 2,893084 | 0,048218 | 0,82 | 8,0442 | 17487,39 |
| 80 | 11,1 | 0,0111 | 0,003526 | 3,148356 | 0,052473 | 0,89 | 8,7309 | 18980,22 |
| 85 | 12 | 0,012 | 0,003526 | 3,403628 | 0,056727 | 0,95 | 9,3195 | 20259,78 |
| 90 | 12,9 | 0,0129 | 0,003526 | 3,6589 | 0,060982 | 1,01 | 9,9081 | 21539,35 |

Tabela A 24: Resultados utilizados para cálculo da permeabilidade do tecido POLIÉSTER impregnado com nanopartículas de prata (d).

| MÉDIA | |
|------------------|-------------|
| POLIÉSTER | |
| Velocidade (m/s) | ΔP(Pa)/L(m) |
| 0,003862 | 1492,826 |
| 0,006476 | 2843,478 |
| 0,009407 | 4194,13 |
| 0,012527 | 5118,261 |
| 0,015789 | 6326,739 |
| 0,019145 | 7535,217 |
| 0,022549 | 8885,87 |
| 0,026 | 10094,35 |
| 0,029545 | 11160,65 |
| 0,033138 | 12226,96 |
| 0,036778 | 13293,26 |
| 0,04056 | 14715 |
| 0,044389 | 15710,22 |
| 0,048218 | 17345,22 |
| 0,052473 | 19051,3 |
| 0,056727 | 20473,04 |
| 0,060982 | 21894,78 |

Dados utilizados para definir o tamanho do material particulado utilizado para medida de eficiência de coleta.

Tabela A 25: Resultados utilizados para definição do tamanho do material particulado utilizado para medida de eficiência de coleta.

| Time | PM 1.0 | PM 2.5 | PM 7.0 | PM 10.0 | MPT | PM 1.0 | PM 2.5 | PM 7.0 | PM 10.0 | MPT |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| HH:mm:ss | mg/m ³ | mg/m ³ | mg/m ³ | mg/m ³ | mg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ |
| 15:30:01 | 0 | 0,001 | 0,009 | 0,012 | 0,036 | 0 | 1 | 9 | 12 | 36 |
| 15:33:01 | 0 | 0,001 | 0,012 | 0,017 | 0,036 | 0 | 1 | 12 | 17 | 36 |
| 15:36:01 | 0 | 0,001 | 0,01 | 0,013 | 0,031 | 0 | 1 | 10 | 13 | 31 |
| 15:39:01 | 0 | 0,001 | 0,01 | 0,013 | 0,03 | 0 | 1 | 10 | 13 | 30 |
| 15:42:01 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 0,024 | 0 | 1 | 8 | 12 | 24 |
| 15:45:01 | 0 | 0,001 | 0,004 | 0,005 | 0,027 | 0 | 1 | 4 | 5 | 27 |
| 15:48:01 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,011 | 0,035 | 0 | 1 | 8 | 11 | 35 |
| 15:51:01 | 0 | 0,001 | 0,007 | 0,01 | 0,037 | 0 | 1 | 7 | 10 | 37 |
| 15:54:01 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,011 | 0,034 | 0 | 1 | 8 | 11 | 34 |
| 15:57:01 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 0,029 | 0 | 1 | 8 | 12 | 29 |
| 16:00:01 | 0 | 0,001 | 0,007 | 0,009 | 0,024 | 0 | 1 | 7 | 9 | 24 |
| 16:03:01 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,01 | 0,022 | 0 | 1 | 8 | 10 | 22 |
| 16:06:01 | 0 | 0,001 | 0,008 | 0,01 | 0,021 | 0 | 1 | 8 | 10 | 21 |
| 16:09:01 | 0 | 0,001 | 0,007 | 0,009 | 0,019 | 0 | 1 | 7 | 9 | 19 |
| 16:12:01 | 0 | 0,001 | 0,006 | 0,009 | 0,02 | 0 | 1 | 6 | 9 | 20 |
| 16:15:01 | 0 | 0,001 | 0,01 | 0,013 | 0,034 | 0 | 1 | 10 | 13 | 34 |
| 16:18:01 | 0 | 0,001 | 0,009 | 0,012 | 0,032 | 0 | 1 | 9 | 12 | 32 |
| 16:21:01 | 0 | 0,001 | 0,012 | 0,015 | 0,029 | 0 | 1 | 12 | 15 | 29 |
| 16:24:01 | 0 | 0,001 | 0,012 | 0,014 | 0,026 | 0 | 1 | 12 | 14 | 26 |
| 16:27:01 | 0 | 0,001 | 0,01 | 0,013 | 0,021 | 0 | 1 | 10 | 13 | 21 |
| 16:30:01 | 0 | 0,001 | 0,007 | 0,01 | 0,026 | 0 | 1 | 7 | 10 | 26 |

Dados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta.

Tabela A 26: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido MALHA PV (a).

| MALHA PV | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|------------|---------------|--------|--------|-------|------------|
| Experimento 1 | | | | | Experimento 2 | | | | |
| Entrada | | Saída | | Eficiência | Entrada | | Saída | | Eficiência |
| <0.523 | 232108 | <0.523 | 23084 | 90.05463 | <0.523 | 116835 | <0.523 | 13297 | 88.61899 |
| 0.542 | 34122 | 0.542 | 3566 | 89.54926 | 0.542 | 17901 | 0.542 | 2041 | 88.5984 |
| 0.583 | 43321 | 0.583 | 4367 | 89.91944 | 0.583 | 22125 | 0.583 | 2444 | 88.95367 |
| 0.626 | 51679 | 0.626 | 5067 | 90.19524 | 0.626 | 25538 | 0.626 | 2839 | 88.88323 |
| 0.673 | 56638 | 0.673 | 5384 | 90.49401 | 0.673 | 27406 | 0.673 | 3075 | 88.77983 |
| 0.723 | 58464 | 0.723 | 5366 | 90.8217 | 0.723 | 27480 | 0.723 | 2980 | 89.15575 |
| 0.777 | 59043 | 0.777 | 5270 | 91.0743 | 0.777 | 26975 | 0.777 | 2931 | 89.13438 |
| 0.835 | 57842 | 0.835 | 5108 | 91.16905 | 0.835 | 25858 | 0.835 | 2880 | 88.86225 |
| 0.898 | 54109 | 0.898 | 4786 | 91.15489 | 0.898 | 23915 | 0.898 | 2540 | 89.37905 |
| 0.965 | 48839 | 0.965 | 4415 | 90.96009 | 0.965 | 21107 | 0.965 | 2406 | 88.60094 |
| 1.037 | 42557 | 1.037 | 3949 | 90.72068 | 1.037 | 18246 | 1.037 | 2068 | 88.66601 |
| 1.114 | 36335 | 1.114 | 3459 | 90.48025 | 1.114 | 15476 | 1.114 | 1798 | 88.38201 |
| 1.197 | 31021 | 1.197 | 3120 | 89.9423 | 1.197 | 12816 | 1.197 | 1550 | 87.90574 |
| 1.286 | 25648 | 1.286 | 2691 | 89.50795 | 1.286 | 10611 | 1.286 | 1360 | 87.18311 |
| 1.382 | 21108 | 1.382 | 2260 | 89.29316 | 1.382 | 8688 | 1.382 | 1056 | 87.8453 |
| 1.486 | 16855 | 1.486 | 1862 | 88.95283 | 1.486 | 7170 | 1.486 | 944 | 86.83403 |
| 1.596 | 13561 | 1.596 | 1643 | 87.88437 | 1.596 | 5873 | 1.596 | 745 | 87.31483 |
| 1.715 | 11195 | 1.715 | 1316 | 88.24475 | 1.715 | 4801 | 1.715 | 649 | 86.48198 |
| 1.843 | 9298 | 1.843 | 1099 | 88.18025 | 1.843 | 3863 | 1.843 | 531 | 86.25421 |
| 1.981 | 7379 | 1.981 | 926 | 87.45087 | 1.981 | 3124 | 1.981 | 469 | 84.9872 |
| 2.129 | 5927 | 2.129 | 734 | 87.61599 | 2.129 | 2575 | 2.129 | 346 | 86.56311 |
| 2.288 | 4622 | 2.288 | 547 | 88.1653 | 2.288 | 1948 | 2.288 | 270 | 86.13963 |
| 2.458 | 3594 | 2.458 | 413 | 88.50863 | 2.458 | 1593 | 2.458 | 190 | 88.07282 |
| 2.642 | 2799 | 2.642 | 309 | 88.96034 | 2.642 | 1264 | 2.642 | 166 | 86.86709 |
| 2.839 | 1980 | 2.839 | 207 | 89.54545 | 2.839 | 926 | 2.839 | 104 | 88.7689 |
| 3.051 | 1494 | 3.051 | 116 | 92.23561 | 3.051 | 634 | 3.051 | 68 | 89.27445 |
| 3.278 | 1026 | 3.278 | 77 | 92.49513 | 3.278 | 437 | 3.278 | 28 | 93.59268 |
| 3.523 | 761 | 3.523 | 35 | 95.40079 | 3.523 | 336 | 3.523 | 18 | 94.64286 |
| 3.786 | 468 | 3.786 | 27 | 94.23077 | 3.786 | 176 | 3.786 | 23 | 86.93182 |
| 4.068 | 265 | 4.068 | 13 | 95.09434 | 4.068 | 118 | 4.068 | 8 | 93.22034 |
| 4.371 | 178 | 4.371 | 7 | 96.06742 | 4.371 | 70 | 4.371 | 3 | 95.71429 |
| 4.698 | 102 | 4.698 | 2 | 98.03922 | 4.698 | 33 | 4.698 | 3 | 90.90909 |
| 5.048 | 62 | 5.048 | 4 | 93.54839 | 5.048 | 23 | 5.048 | 1 | 95.65217 |
| 5.425 | 36 | 5.425 | 0 | 100 | 5.425 | 13 | 5.425 | 0 | 100 |
| 5.829 | 20 | 5.829 | 1 | 95 | 5.829 | 5 | 5.829 | 1 | 80 |
| 6.264 | 9 | 6.264 | 0 | 100 | 6.264 | 7 | 6.264 | 0 | 100 |
| 6.732 | 4 | 6.732 | 1 | 75 | 6.732 | 0 | 6.732 | 1 | - |
| 7.234 | 1 | 7.234 | 0 | 100 | 7.234 | 0 | 7.234 | 0 | - |
| 7.774 | 3 | 7.774 | 0 | 100 | 7.774 | 0 | 7.774 | 0 | - |
| 8.354 | 0 | 8.354 | 0 | - | 8.354 | 0 | 8.354 | 0 | - |
| 8.977 | 1 | 8.977 | 0 | 100 | 8.977 | 0 | 8.977 | 0 | - |
| 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - | 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - |
| 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - | 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - |
| 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - | 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - |
| 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - | 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - |
| 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - | 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - |
| 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - | 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - |
| 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - | 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - |
| 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - | 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - |
| 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - | 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - |
| 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - | 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - |
| 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - | 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - |

Tabela A 27: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido MALHA PV (b).

| MALHA PV | | | | | MÉDIA DAS EFICIÊNCIAS |
|---------------|--------|--------|-------|------------|-----------------------|
| Experimento 3 | | | | | |
| Entrada | | Saída | | Eficiência | |
| <0.523 | 449650 | <0.523 | 15900 | 96,46392 | 91,71251291 |
| 0.542 | 52113 | 0.542 | 2502 | 95,19889 | 91,11552048 |
| 0.583 | 66064 | 0.583 | 3095 | 95,31515 | 91,39608662 |
| 0.626 | 80175 | 0.626 | 3509 | 95,62332 | 91,56726684 |
| 0.673 | 91362 | 0.673 | 3821 | 95,81774 | 91,6971933 |
| 0.723 | 99800 | 0.723 | 3838 | 96,15431 | 92,04392017 |
| 0.777 | 106115 | 0.777 | 3805 | 96,41427 | 92,207651 |
| 0.835 | 108947 | 0.835 | 3539 | 96,75163 | 92,2609753 |
| 0.898 | 110158 | 0.898 | 3293 | 97,01066 | 92,51486643 |
| 0.965 | 105685 | 0.965 | 2949 | 97,20963 | 92,25688795 |
| 1.037 | 99190 | 1.037 | 2655 | 97,32332 | 92,23666946 |
| 1.114 | 90426 | 1.114 | 2372 | 97,37686 | 92,07970823 |
| 1.197 | 81372 | 1.197 | 1990 | 97,55444 | 91,8008271 |
| 1.286 | 71290 | 1.286 | 1840 | 97,41899 | 91,37001952 |
| 1.382 | 61238 | 1.382 | 1536 | 97,49175 | 91,54340545 |
| 1.486 | 51391 | 1.486 | 1245 | 97,5774 | 91,12142016 |
| 1.596 | 42851 | 1.596 | 1120 | 97,38629 | 90,86183231 |
| 1.715 | 34858 | 1.715 | 908 | 97,39515 | 90,70729369 |
| 1.843 | 27885 | 1.843 | 761 | 97,27093 | 90,56846486 |
| 1.981 | 22596 | 1.981 | 661 | 97,0747 | 89,83759116 |
| 2.129 | 18002 | 2.129 | 512 | 97,15587 | 90,44499099 |
| 2.288 | 14341 | 2.288 | 422 | 97,05739 | 90,4541049 |
| 2.458 | 11181 | 2.458 | 343 | 96,9323 | 91,17124664 |
| 2.642 | 8482 | 2.642 | 247 | 97,08795 | 90,97179418 |
| 2.839 | 6397 | 2.839 | 164 | 97,4363 | 91,91688377 |
| 3.051 | 4732 | 3.051 | 89 | 98,11919 | 93,20974852 |
| 3.278 | 3347 | 3.278 | 69 | 97,93845 | 94,6754188 |
| 3.523 | 2371 | 3.523 | 26 | 98,90342 | 96,31568729 |
| 3.786 | 1554 | 3.786 | 36 | 97,6834 | 92,9486617 |
| 4.068 | 1054 | 4.068 | 13 | 98,7666 | 95,69376067 |
| 4.371 | 641 | 4.371 | 4 | 99,37598 | 97,05255883 |
| 4.698 | 417 | 4.698 | 3 | 99,28058 | 96,07629404 |
| 5.048 | 241 | 5.048 | 1 | 99,58506 | 96,26187442 |
| 5.425 | 166 | 5.425 | 0 | 100 | 100 |
| 5.829 | 88 | 5.829 | 2 | 97,72727 | 90,90909091 |
| 6.264 | 51 | 6.264 | 0 | 100 | 100 |
| 6.732 | 28 | 6.732 | 1 | 96,42857 | - |
| 7.234 | 17 | 7.234 | 0 | 100 | - |
| 7.774 | 3 | 7.774 | 0 | 100 | - |
| 8.354 | 11 | 8.354 | 0 | 100 | - |
| 8.977 | 4 | 8.977 | 0 | 100 | - |
| 9.647 | 3 | 9.647 | 0 | 100 | - |
| 10.37 | 4 | 10.37 | 0 | 100 | - |
| 11.14 | 2 | 11.14 | 0 | 100 | - |
| 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - | - |
| 12.86 | 1 | 12.86 | 0 | 100 | - |
| 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - | - |
| 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - | - |
| 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - | - |
| 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - | - |
| 18.43 | 1 | 18.43 | 0 | 100 | - |
| 19.81 | 1 | 19.81 | 0 | 100 | - |

Tabela A 28: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido ALGODÃO (a).

| ALGODÃO | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|------------|---------------|-------|--------|-------|------------|
| Experimento 1 | | | | | Experimento 2 | | | | |
| Entrada | | Saída | | Eficiência | Entrada | | Saída | | Eficiência |
| <0.523 | 110432 | <0.523 | 26503 | 76,00062 | <0.523 | 88585 | <0.523 | 15540 | 82,45753 |
| 0.542 | 17224 | 0.542 | 4044 | 76,52113 | 0.542 | 13813 | 0.542 | 2389 | 82,7047 |
| 0.583 | 21608 | 0.583 | 5048 | 76,63828 | 0.583 | 17552 | 0.583 | 2934 | 83,28396 |
| 0.626 | 25391 | 0.626 | 5694 | 77,57473 | 0.626 | 20384 | 0.626 | 3291 | 83,85498 |
| 0.673 | 27602 | 0.673 | 6124 | 77,8132 | 0.673 | 22139 | 0.673 | 3522 | 84,09142 |
| 0.723 | 28002 | 0.723 | 6032 | 78,45868 | 0.723 | 22110 | 0.723 | 3434 | 84,46857 |
| 0.777 | 28096 | 0.777 | 6098 | 78,29584 | 0.777 | 21722 | 0.777 | 3359 | 84,53641 |
| 0.835 | 26598 | 0.835 | 5950 | 77,6299 | 0.835 | 20824 | 0.835 | 3100 | 85,11333 |
| 0.898 | 24886 | 0.898 | 5603 | 77,48533 | 0.898 | 19482 | 0.898 | 2957 | 84,82189 |
| 0.965 | 22037 | 0.965 | 5029 | 77,17929 | 0.965 | 17460 | 0.965 | 2561 | 85,33219 |
| 1.037 | 18925 | 1.037 | 4557 | 75,92074 | 1.037 | 15422 | 1.037 | 2218 | 85,61795 |
| 1.114 | 15916 | 1.114 | 4071 | 74,42197 | 1.114 | 12994 | 1.114 | 1823 | 85,97045 |
| 1.197 | 13274 | 1.197 | 3521 | 73,47446 | 1.197 | 11017 | 1.197 | 1540 | 86,0216 |
| 1.286 | 10946 | 1.286 | 2925 | 73,27791 | 1.286 | 9276 | 1.286 | 1321 | 85,75895 |
| 1.382 | 8976 | 1.382 | 2570 | 71,36809 | 1.382 | 7681 | 1.382 | 1069 | 86,08254 |
| 1.486 | 7229 | 1.486 | 2069 | 71,37917 | 1.486 | 6275 | 1.486 | 873 | 86,08765 |
| 1.596 | 5828 | 1.596 | 1707 | 70,71036 | 1.596 | 5124 | 1.596 | 752 | 85,32397 |
| 1.715 | 4619 | 1.715 | 1568 | 66,05326 | 1.715 | 4329 | 1.715 | 689 | 84,08408 |
| 1.843 | 3915 | 1.843 | 1279 | 67,33078 | 1.843 | 3528 | 1.843 | 505 | 85,68594 |
| 1.981 | 3121 | 1.981 | 1131 | 63,76161 | 1.981 | 2922 | 1.981 | 434 | 85,14716 |
| 2.129 | 2472 | 2.129 | 856 | 65,37217 | 2.129 | 2320 | 2.129 | 372 | 83,96552 |
| 2.288 | 1844 | 2.288 | 677 | 63,28633 | 2.288 | 1828 | 2.288 | 276 | 84,90153 |
| 2.458 | 1468 | 2.458 | 521 | 64,50954 | 2.458 | 1388 | 2.458 | 211 | 84,79827 |
| 2.642 | 1171 | 2.642 | 385 | 67,12212 | 2.642 | 1132 | 2.642 | 167 | 85,24735 |
| 2.839 | 772 | 2.839 | 275 | 64,37824 | 2.839 | 871 | 2.839 | 120 | 86,22273 |
| 3.051 | 579 | 3.051 | 166 | 71,32988 | 3.051 | 543 | 3.051 | 93 | 82,87293 |
| 3.278 | 408 | 3.278 | 118 | 71,07843 | 3.278 | 433 | 3.278 | 49 | 88,6836 |
| 3.523 | 265 | 3.523 | 85 | 67,92453 | 3.523 | 243 | 3.523 | 42 | 82,71605 |
| 3.786 | 160 | 3.786 | 54 | 66,25 | 3.786 | 178 | 3.786 | 24 | 86,51685 |
| 4.068 | 84 | 4.068 | 25 | 70,2381 | 4.068 | 109 | 4.068 | 11 | 89,90826 |
| 4.371 | 59 | 4.371 | 15 | 74,57627 | 4.371 | 66 | 4.371 | 3 | 95,45455 |
| 4.698 | 34 | 4.698 | 9 | 73,52941 | 4.698 | 31 | 4.698 | 3 | 90,32258 |
| 5.048 | 18 | 5.048 | 3 | 83,33333 | 5.048 | 18 | 5.048 | 4 | 77,77778 |
| 5.425 | 15 | 5.425 | 2 | 86,66667 | 5.425 | 14 | 5.425 | 3 | 78,57143 |
| 5.829 | 12 | 5.829 | 2 | 83,33333 | 5.829 | 6 | 5.829 | 0 | 100 |
| 6.264 | 3 | 6.264 | 2 | 33,33333 | 6.264 | 0 | 6.264 | 4 | - |
| 6.732 | 2 | 6.732 | 0 | 100 | 6.732 | 4 | 6.732 | 0 | 100 |
| 7.234 | 0 | 7.234 | 2 | - | 7.234 | 1 | 7.234 | 0 | 100 |
| 7.774 | 0 | 7.774 | 0 | - | 7.774 | 0 | 7.774 | 0 | - |
| 8.354 | 0 | 8.354 | 2 | - | 8.354 | 0 | 8.354 | 0 | - |
| 8.977 | 0 | 8.977 | 0 | - | 8.977 | 1 | 8.977 | 0 | - |
| 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - | 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - |
| 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - | 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - |
| 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - | 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - |
| 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - | 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - |
| 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - | 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - |
| 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - | 13.82 | 0 | 13.82 | 1 | - |
| 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - | 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - |
| 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - | 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - |
| 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - | 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - |
| 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - | 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - |
| 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - | 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - |

Tabela A 29: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido ALGODÃO (b).

| ALGODÃO | | | | | MÉDIA DAS EFICIÊNCIAS |
|----------------------|--------|--------------|-------|-------------------|------------------------------|
| Experimento 3 | | | | | |
| Entrada | | Saída | | Eficiência | |
| <0.523 | 103712 | <0.523 | 12141 | 88,29354 | 82,25056203 |
| 0.542 | 16133 | 0.542 | 1895 | 88,25389 | 82,49324044 |
| 0.583 | 20324 | 0.583 | 2313 | 88,61937 | 82,84720154 |
| 0.626 | 23824 | 0.626 | 2593 | 89,11602 | 83,51524432 |
| 0.673 | 25568 | 0.673 | 2759 | 89,20917 | 83,70459734 |
| 0.723 | 26062 | 0.723 | 2747 | 89,45975 | 84,1289992 |
| 0.777 | 25759 | 0.777 | 2611 | 89,86374 | 84,23199816 |
| 0.835 | 24681 | 0.835 | 2497 | 89,88291 | 84,20871121 |
| 0.898 | 22513 | 0.898 | 2225 | 90,11682 | 84,14134713 |
| 0.965 | 19894 | 0.965 | 2056 | 89,66523 | 84,05890098 |
| 1.037 | 17285 | 1.037 | 1738 | 89,94504 | 83,82790907 |
| 1.114 | 14668 | 1.114 | 1507 | 89,72593 | 83,37278241 |
| 1.197 | 12305 | 1.197 | 1233 | 89,97968 | 83,15858246 |
| 1.286 | 10336 | 1.286 | 1086 | 89,49303 | 82,84329721 |
| 1.382 | 8423 | 1.382 | 857 | 89,82548 | 82,42537063 |
| 1.486 | 6896 | 1.486 | 708 | 89,73318 | 82,39999843 |
| 1.596 | 5579 | 1.596 | 563 | 89,90859 | 81,98097173 |
| 1.715 | 4621 | 1.715 | 472 | 89,78576 | 79,97436767 |
| 1.843 | 3857 | 1.843 | 394 | 89,78481 | 80,93384231 |
| 1.981 | 3056 | 1.981 | 327 | 89,29974 | 79,40283752 |
| 2.129 | 2532 | 2.129 | 274 | 89,17852 | 79,50540018 |
| 2.288 | 1994 | 2.288 | 213 | 89,31795 | 79,16860655 |
| 2.458 | 1600 | 2.458 | 159 | 90,0625 | 79,79010256 |
| 2.642 | 1264 | 2.642 | 117 | 90,74367 | 81,03771285 |
| 2.839 | 960 | 2.839 | 96 | 90 | 80,20032361 |
| 3.051 | 656 | 3.051 | 55 | 91,61585 | 81,93955365 |
| 3.278 | 436 | 3.278 | 44 | 89,90826 | 83,22343034 |
| 3.523 | 300 | 3.523 | 29 | 90,33333 | 80,32463701 |
| 3.786 | 220 | 3.786 | 17 | 92,27273 | 81,6798604 |
| 4.068 | 127 | 4.068 | 10 | 92,12598 | 84,09077879 |
| 4.371 | 76 | 4.371 | 4 | 94,73684 | 88,25588625 |
| 4.698 | 49 | 4.698 | 2 | 95,91837 | 86,59011992 |
| 5.048 | 26 | 5.048 | 2 | 92,30769 | 84,47293447 |
| 5.425 | 16 | 5.425 | 3 | 81,25 | 82,16269841 |
| 5.829 | 15 | 5.829 | 0 | 100 | 94,44444444 |
| 6.264 | 10 | 6.264 | 3 | 70 | - |
| 6.732 | 7 | 6.732 | 0 | 100 | 100 |
| 7.234 | 4 | 7.234 | 0 | 100 | - |
| 7.774 | 1 | 7.774 | 0 | 100 | - |
| 8.354 | 0 | 8.354 | 0 | - | - |
| 8.977 | 0 | 8.977 | 0 | - | - |
| 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - | - |
| 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - | - |
| 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - | - |
| 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - | - |
| 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - | - |
| 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - | - |
| 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - | - |
| 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - | - |
| 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - | - |
| 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - | - |
| 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - | - |

Tabela A 30: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido POLIÉSTER (a).

| POLIÉSTER | | | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|------|------------|---------------|-------|--------|-------|------------|
| Experimento 1 | | | | | Experimento 2 | | | | |
| Entrada | | Saída | | Eficiência | Entrada | | Saída | | Eficiência |
| <0.523 | 26019 | <0.523 | 9567 | 63,23072 | <0.523 | 25638 | <0.523 | 11552 | 54,94188 |
| 0.542 | 4042 | 0.542 | 1526 | 62,24641 | 0.542 | 4045 | 0.542 | 1832 | 54,70952 |
| 0.583 | 5003 | 0.583 | 1859 | 62,84229 | 0.583 | 4918 | 0.583 | 2248 | 54,29036 |
| 0.626 | 5650 | 0.626 | 2044 | 63,82301 | 0.626 | 5804 | 0.626 | 2548 | 56,09924 |
| 0.673 | 6249 | 0.673 | 2235 | 64,23428 | 0.673 | 6148 | 0.673 | 2732 | 55,56278 |
| 0.723 | 6210 | 0.723 | 2131 | 65,68438 | 0.723 | 5969 | 0.723 | 2649 | 55,62071 |
| 0.777 | 6228 | 0.777 | 2014 | 67,66217 | 0.777 | 5880 | 0.777 | 2589 | 55,96939 |
| 0.835 | 5873 | 0.835 | 1989 | 66,13315 | 0.835 | 5620 | 0.835 | 2368 | 57,86477 |
| 0.898 | 5570 | 0.898 | 1859 | 66,62478 | 0.898 | 5133 | 0.898 | 2120 | 58,69862 |
| 0.965 | 5057 | 0.965 | 1605 | 68,26182 | 0.965 | 4443 | 0.965 | 1901 | 57,21359 |
| 1.037 | 4656 | 1.037 | 1418 | 69,54467 | 1.037 | 3846 | 1.037 | 1631 | 57,5923 |
| 1.114 | 3927 | 1.114 | 1222 | 68,8821 | 1.114 | 3239 | 1.114 | 1298 | 59,9259 |
| 1.197 | 3571 | 1.197 | 1027 | 71,24055 | 1.197 | 2813 | 1.197 | 1132 | 59,75827 |
| 1.286 | 3092 | 1.286 | 841 | 72,80078 | 1.286 | 2374 | 1.286 | 890 | 62,51053 |
| 1.382 | 2677 | 1.382 | 665 | 75,15876 | 1.382 | 1927 | 1.382 | 742 | 61,49455 |
| 1.486 | 2290 | 1.486 | 511 | 77,68559 | 1.486 | 1670 | 1.486 | 595 | 64,37126 |
| 1.596 | 1936 | 1.596 | 447 | 76,91116 | 1.596 | 1374 | 1.596 | 438 | 68,12227 |
| 1.715 | 1684 | 1.715 | 358 | 78,74109 | 1.715 | 1123 | 1.715 | 364 | 67,58682 |
| 1.843 | 1495 | 1.843 | 286 | 80,86957 | 1.843 | 998 | 1.843 | 267 | 73,24649 |
| 1.981 | 1271 | 1.981 | 207 | 83,71361 | 1.981 | 781 | 1.981 | 205 | 73,7516 |
| 2.129 | 1036 | 2.129 | 188 | 81,85328 | 2.129 | 637 | 2.129 | 176 | 72,37049 |
| 2.288 | 929 | 2.288 | 136 | 85,3606 | 2.288 | 529 | 2.288 | 136 | 74,29112 |
| 2.458 | 755 | 2.458 | 104 | 86,22517 | 2.458 | 427 | 2.458 | 99 | 76,81499 |
| 2.642 | 574 | 2.642 | 72 | 87,45645 | 2.642 | 348 | 2.642 | 55 | 84,1954 |
| 2.839 | 517 | 2.839 | 42 | 91,87621 | 2.839 | 230 | 2.839 | 45 | 80,43478 |
| 3.051 | 369 | 3.051 | 24 | 93,49593 | 3.051 | 182 | 3.051 | 25 | 86,26374 |
| 3.278 | 264 | 3.278 | 20 | 92,42424 | 3.278 | 138 | 3.278 | 21 | 84,78261 |
| 3.523 | 227 | 3.523 | 11 | 95,15419 | 3.523 | 93 | 3.523 | 12 | 87,09677 |
| 3.786 | 134 | 3.786 | 6 | 95,52239 | 3.786 | 56 | 3.786 | 8 | 85,71429 |
| 4.068 | 100 | 4.068 | 5 | 95 | 4.068 | 55 | 4.068 | 4 | 92,72727 |
| 4.371 | 70 | 4.371 | 3 | 95,71429 | 4.371 | 28 | 4.371 | 2 | 92,85714 |
| 4.698 | 45 | 4.698 | 0 | 100 | 4.698 | 21 | 4.698 | 2 | 90,47619 |
| 5.048 | 35 | 5.048 | 0 | 100 | 5.048 | 12 | 5.048 | 3 | 75 |
| 5.425 | 33 | 5.425 | 0 | 100 | 5.425 | 16 | 5.425 | 1 | 93,75 |
| 5.829 | 19 | 5.829 | 0 | 100 | 5.829 | 2 | 5.829 | 1 | 50 |
| 6.264 | 13 | 6.264 | 2 | 84,61538 | 6.264 | 6 | 6.264 | 0 | 100 |
| 6.732 | 14 | 6.732 | 0 | 100 | 6.732 | 4 | 6.732 | 1 | 75 |
| 7.234 | 3 | 7.234 | 0 | 100 | 7.234 | 5 | 7.234 | 0 | 100 |
| 7.774 | 2 | 7.774 | 0 | 100 | 7.774 | 2 | 7.774 | 0 | 100 |
| 8.354 | 2 | 8.354 | 0 | 100 | 8.354 | 0 | 8.354 | 0 | #DIV/0! |
| 8.977 | 2 | 8.977 | 0 | 100 | 8.977 | 2 | 8.977 | 0 | 100 |
| 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - | 9.647 | 1 | 9.647 | 0 | 100 |
| 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - | 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - |
| 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - | 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - |
| 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - | 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - |
| 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - | 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - |
| 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - | 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - |
| 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - | 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - |
| 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - | 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - |
| 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - | 17.15 | 0 | 17.15 | 0 | - |
| 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - | 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - |
| 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - | 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - |

Tabela A 31: Resultados utilizados para o cálculo de eficiência de coleta do tecido POLIÉSTER (b).

| POLIÉSTER | | | | | MÉDIA DAS EFICIÊNCIAS |
|---------------|-------|--------|-------|------------|--------------------------|
| Experimento 3 | | | | | |
| Entrada | | Saída | | Eficiência | |
| <0.523 | 29231 | <0.523 | 15960 | 45,40043 | 54,19624229 |
| 0.542 | 4581 | 0.542 | 2508 | 45,25213 | 54,2679803 |
| 0.583 | 5682 | 0.583 | 3140 | 44,73777 | 54,28371306 |
| 0.626 | 6485 | 0.626 | 3827 | 40,98689 | 53,77347074 |
| 0.673 | 6893 | 0.673 | 4154 | 39,73596 | 53,6610429 |
| 0.723 | 6869 | 0.723 | 4109 | 40,18052 | 54,48779967 |
| 0.777 | 6794 | 0.777 | 4062 | 40,21195 | 54,1048304 |
| 0.835 | 6451 | 0.835 | 3927 | 39,12572 | 54,5384204 |
| 0.898 | 5893 | 0.898 | 3613 | 38,68997 | 55,21680108 |
| 0.965 | 5526 | 0.965 | 3181 | 42,43576 | 56,39800873 |
| 1.037 | 4773 | 1.037 | 2940 | 38,40352 | 54,95930726 |
| 1.114 | 4229 | 1.114 | 2492 | 41,07354 | 57,41333059 |
| 1.197 | 3567 | 1.197 | 2054 | 42,4166 | 58,32521266 |
| 1.286 | 3061 | 1.286 | 1787 | 41,62039 | 59,76322535 |
| 1.382 | 2562 | 1.382 | 1488 | 41,92037 | 60,36683845 |
| 1.486 | 2137 | 1.486 | 1216 | 43,0978 | 61,46007172 |
| 1.596 | 1804 | 1.596 | 988 | 45,23282 | 64,03205978 |
| 1.715 | 1503 | 1.715 | 871 | 42,04923 | 63,5018737 |
| 1.843 | 1222 | 1.843 | 752 | 38,46154 | 65,14054759 |
| 1.981 | 1020 | 1.981 | 601 | 41,07843 | 65,56110458 |
| 2.129 | 729 | 2.129 | 484 | 33,60768 | 63,7795904 |
| 2.288 | 567 | 2.288 | 395 | 30,3351 | 63,61712596 |
| 2.458 | 436 | 2.458 | 303 | 30,50459 | 64,92534048 |
| 2.642 | 320 | 2.642 | 256 | 20 | 65,35720373 |
| 2.839 | 203 | 2.839 | 173 | 14,77833 | 62,90301423 |
| 3.051 | 124 | 3.051 | 125 | -0,80645 | 59,29384236 |
| 3.278 | 83 | 3.278 | 110 | -32,5301 | 49,13555775 |
| 3.523 | 59 | 3.523 | 58 | 1,694915 | 61,43802584 |
| 3.786 | 20 | 3.786 | 42 | -110 | 23,57142857 |
| 4.068 | 20 | 4.068 | 41 | -105 | 27,81385281 |
| 4.371 | 10 | 4.371 | 27 | -170 | 7,619047619 |
| 4.698 | 4 | 4.698 | 14 | -250 | -19,84126984 |
| 5.048 | 2 | 5.048 | 4 | -100 | 25 |
| 5.425 | 2 | 5.425 | 5 | -150 | 14,58333333 |
| 5.829 | 3 | 5.829 | 4 | -33,3333 | 33,76068376 |
| 6.264 | 1 | 6.264 | 3 | -200 | 0 |
| 6.732 | 3 | 6.732 | 2 | 33,33333 | 69,44444444 |
| 7.234 | 0 | 7.234 | 0 | - | - |
| 7.774 | 0 | 7.774 | 1 | - | - |
| 8.354 | 0 | 8.354 | 1 | - | - |
| 8.977 | 0 | 8.977 | 0 | - | - |
| 9.647 | 0 | 9.647 | 0 | - | - |
| 10.37 | 0 | 10.37 | 0 | - | - |
| 11.14 | 0 | 11.14 | 0 | - | - |
| 11.97 | 0 | 11.97 | 0 | - | - |
| 12.86 | 0 | 12.86 | 0 | - | - |
| 13.82 | 0 | 13.82 | 0 | - | - |
| 14.86 | 0 | 14.86 | 0 | - | - |
| 15.96 | 0 | 15.96 | 0 | - | - |
| 17.15 | 0 | 17.15 | 1 | - | - |
| 18.43 | 0 | 18.43 | 0 | - | - |
| 19.81 | 0 | 19.81 | 0 | - | - |

Dados obtidos da Análise das nanopartículas de prata.

Tabela A 32: Resultados obtidos por espectroscopia de absorção molecular das nanopartículas de prata.

| λ | Absorbância |
|-----------|-------------|
| 300 | 0,067 |
| 350 | 0,118 |
| 400 | 0,301 |
| 405 | 0,315 |
| 410 | 0,318 |
| 415 | 0,327 |
| 420 | 0,322 |
| 425 | 0,317 |
| 430 | 0,299 |
| 435 | 0,282 |
| 440 | 0,315 |
| 445 | 0,235 |
| 450 | 0,208 |
| 500 | 0,072 |
| 550 | 0,028 |
| 600 | 0,018 |
| 650 | 0,013 |
| 700 | 0,005 |

Dados utilizados para a construção dos gráficos de distribuição granulométrica das nanopartículas de prata sintetizadas.

Tabela A 33: Resultados utilizados para construção dos gráficos de distribuição granulométrica das nanopartículas de prata.

| Diâmetro da | Concentração de | Diâmetro da | Concentração de |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| 7,37 | 4860 | 47,8 | 1960000 |
| 7,64 | 693 | 49,6 | 1840000 |
| 7,91 | 8570 | 51,4 | 1710000 |
| 8,2 | 7640 | 53,3 | 1640000 |
| 8,51 | 8980 | 55,2 | 1600000 |
| 8,82 | 17700 | 57,3 | 1530000 |
| 9,14 | 19300 | 59,4 | 1460000 |
| 9,47 | 34900 | 61,5 | 1400000 |
| 9,82 | 32600 | 63,8 | 1320000 |
| 10,2 | 51300 | 66,1 | 1270000 |
| 10,6 | 74500 | 68,5 | 1170000 |
| 10,9 | 86200 | 71 | 1120000 |
| 11,3 | 101000 | 73,7 | 1030000 |
| 11,8 | 135000 | 76,4 | 980000 |
| 12,2 | 149000 | 79,1 | 887000 |
| 12,6 | 190000 | 82 | 818000 |
| 13,1 | 212000 | 85,1 | 779000 |
| 13,6 | 293000 | 88,2 | 758000 |
| 14,1 | 341000 | 91,4 | 698000 |
| 14,6 | 374000 | 94,7 | 616000 |
| 15,1 | 437000 | 98,2 | 588000 |
| 15,7 | 476000 | 101,8 | 538000 |
| 16,3 | 575000 | 105,5 | 498000 |
| 16,8 | 636000 | 109,4 | 458000 |
| 17,5 | 698000 | 113,4 | 440000 |
| 18,1 | 764000 | 117,6 | 399000 |
| 18,8 | 817000 | 121,9 | 378000 |
| 19,5 | 991000 | 126,3 | 346000 |
| 20,2 | 1050000 | 131 | 317000 |
| 20,9 | 1140000 | 135,8 | 296000 |
| 21,7 | 1250000 | 140,7 | 276000 |
| 22,5 | 1340000 | 145,9 | 252000 |
| 23,3 | 1400000 | 151,2 | 236000 |
| 24,1 | 1460000 | 156,8 | 214000 |
| 25 | 1580000 | 162,5 | 205000 |
| 25,9 | 1660000 | 168,5 | 198000 |
| 26,9 | 1710000 | 174,7 | 170000 |
| 27,9 | 1790000 | 181,1 | 158000 |
| 28,9 | 1870000 | 187,7 | 157000 |
| 30 | 1880000 | 194,6 | 133000 |
| 31,1 | 1930000 | 201,7 | 136000 |
| 32,2 | 2020000 | 209,1 | 121000 |
| 33,4 | 2070000 | 216,7 | 102000 |
| 34,6 | 2120000 | 224,7 | 98900 |
| 35,9 | 2050000 | 232,9 | 88200 |
| 37,2 | 2120000 | 241,4 | 71500 |
| 38,5 | 2110000 | 250,3 | 74700 |
| 40 | 2120000 | 259,5 | 62700 |
| 41,4 | 2140000 | 269 | 52300 |
| 42,9 | 2110000 | 278,8 | 47900 |
| 44,5 | 2050000 | 289 | 42900 |
| 46,1 | 2000000 | 299,6 | 39700 |

Dados utilizados nos cálculos do teor de micro-organismos – Massa seca.

Tabela A 34: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Algodão– Ensaio 1.

| Amostra | Massa Inicial – Tubo | Massa final - Tubo + Massa Celular | Massa Celular |
|----------------|-----------------------------|---|----------------------|
| B1 | 4,9598 | 4,9813 | 0,0215 |
| B2 | 4,9951 | 5,0197 | 0,0246 |
| B3 | 4,9829 | 5,0046 | 0,0217 |
| D1 | 4,9647 | 4,9695 | 0,0048 |
| D2 | 5,2239 | 5,2306 | 0,0067 |
| D3 | 5,226 | 5,2341 | 0,0081 |
| B/H 1 | 4,9821 | Amostra perdida | - |
| B/H 2 | 5,2247 | 5,2479 | 0,0232 |
| B/H 3 | 5,2982 | 5,3241 | 0,0259 |
| D/H 1 | 5,297 | Não possuía célula | - |
| D/H 2 | 4,963 | Não possuía célula | - |
| D/H 3 | 4,983 | Não possuía célula | - |

Tabela A 35: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Algodão– Ensaio 2.

| Amostra | Massa Inicial – Tubo | Massa final - Tubo + Massa Celular | Massa Celular |
|----------------|-----------------------------|---|----------------------|
| B1 | 5,2949 | 5,3172 | 0,0223 |
| B2 | 5,2213 | 5,2475 | 0,0262 |
| B3 | 4,9622 | 4,9832 | 0,021 |
| D1 | 5,224 | 5,2297 | 0,0057 |
| D2 | 4,991 | 4,9993 | 0,0083 |
| D3 | 5,2231 | 5,2286 | 0,0055 |
| B/H 1 | 4,9491 | 4,9717 | 0,0226 |
| B/H 2 | 4,98 | 4,9998 | 0,0198 |
| B/H 3 | 4,9829 | 4,9987 | 0,0158 |
| D/H 1 | 5,2953 | 5,2959 | 0,0006 |
| D/H 2 | 5,2287 | 5,2298 | 0,0011 |
| D/H 3 | 4,9472 | 4,9475 | 0,0003 |

Tabela A 36: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Algodão– Ensaio 3.

| Amostra | Massa Inicial – Tubo | Massa final - Tubo + Massa Celular | Massa Celular |
|----------------|---------------------------------|---|--------------------------|
| B1 | 5,2964 | 5,3186 | 0,0222 |
| B2 | 5,2436 | 5,2618 | 0,0182 |
| B3 | 4,9829 | 4,9994 | 0,0165 |
| D1 | 4,9664 | 4,9675 | 0,0011 |
| D2 | 4,9815 | 4,9853 | 0,0038 |
| D3 | 4,9932 | Amostra perdida | - |
| B/H 1 | 4,9793 | 4,9997 | 0,0204 |
| B/H 2 | 5,2968 | 5,317 | 0,0202 |
| B/H 3 | 4,9694 | Amostra perdida | - |
| D/H 1 | 5,3146 | 5,3159 | 0,0013 |
| D/H 2 | 5,2322 | 5,2348 | 0,0026 |
| D/H 3 | 4,9463 | 4,9474 | 0,0011 |

Tabela A 37: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Malha PV – Ensaio 1.

| Amostra | Massa Inicial – Tubo | Massa final - Tubo + Massa Celular | Massa Celular |
|----------------|---------------------------------|---|--------------------------|
| B1 | 5,2437 | 5,2649 | 0,0212 |
| B2 | 4,9872 | 5,0115 | 0,0243 |
| B3 | 5,3194 | 5,3419 | 0,0225 |
| D1 | 4,968 | 4,9759 | 0,0079 |
| D2 | 5,2924 | 5,3019 | 0,0095 |
| D3 | 4,9966 | 5,0157 | 0,0191 |
| B/H 1 | 4,9421 | 4,9753 | 0,0332 |
| B/H 2 | 4,9436 | 4,9608 | 0,0172 |
| B/H 3 | 5,2257 | 5,252 | 0,0263 |
| D/H 1 | 4,9686 | 4,9709 | 0,0023 |
| D/H 2 | 4,971 | 4,9818 | 0,0108 |
| D/H 3 | 4,986 | 4,9916 | 0,0056 |

Tabela A38:

Tabela A 38: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Malha PV – Ensaio 2.

| Amostra | Massa Inicial – Tubo | Massa final - Tubo + Massa Celular | Massa Celular |
|----------------|-----------------------------|---|----------------------|
| B1 | 4,9583 | 4,9967 | 0,0384 |
| B2 | 5,011 | 5,0429 | 0,0319 |
| B3 | 4,9853 | 5,0162 | 0,0309 |
| D1 | 5,2919 | 5,3123 | 0,0204 |
| D2 | 4,9629 | 4,9824 | 0,0195 |
| D3 | 4,9963 | 5,0261 | 0,0298 |
| B/H 1 | 5,2985 | 5,3198 | 0,0213 |
| B/H 2 | 4,9903 | 5,0148 | 0,0245 |
| B/H 3 | 4,9766 | 5,0079 | 0,0313 |
| D/H 1 | 4,9466 | 4,9524 | 0,0058 |
| D/H 2 | 4,9713 | 4,976 | 0,0047 |
| D/H 3 | 5,3081 | 5,311 | 0,0029 |

Tabela A 39: Resultados utilizados no cálculo do teor de micro-organismos do tecido Malha PV – Ensaio 3.

| Amostra | Massa Inicial – Tubo | Massa final - Tubo + Massa Celular | Massa Celular |
|----------------|-----------------------------|---|----------------------|
| B1 | 4,9981 | 5,0253 | 0,0272 |
| B2 | 4,9877 | 5,0148 | 0,0271 |
| B3 | 5,3038 | 5,3265 | 0,0227 |
| D1 | 5,3042 | 5,3144 | 0,0102 |
| D2 | 5,2435 | 5,2591 | 0,0156 |
| D3 | 5,2923 | 5,3126 | 0,0203 |
| B/H 1 | 5,2791 | 5,302 | 0,0229 |
| B/H 2 | 5,2965 | 5,314 | 0,0175 |
| B/H 3 | 5,3093 | 5,3244 | 0,0151 |
| D/H 1 | 5,2458 | 5,259 | 0,0132 |
| D/H 2 | 4,999 | 5,0144 | 0,0154 |
| D/H 3 | 5,1246 | Amostra Perdida | - |