



# Construção de aparato simples para coleta de material particulado atmosférico: Avaliação em ambiente fechado e amostragem ambiental <sup>(1)</sup>

**Amanda Vitória Santos<sup>(2)</sup>; Luana Bueno<sup>(3)</sup>; Marcel Piovezan<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Campus Lages do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina e dos autores e co-autores;

<sup>(2)</sup> Estudante do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; Lages - SC; E-mail: amadavelho30@gmail.com;

<sup>(3)</sup> Estudante do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; Correia Pinto - SC; E-mail: luana.bueno069@gmail.com;

<sup>(4)</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; Lages – SC; E-mail: marcel.piovezan@ifsc.edu.br.

**RESUMO:** A poluição atmosférica é um tema bastante preocupante, pois afeta ecossistemas inteiros: solos, águas e atmosfera. O material particulado é composto por partículas sólidas e líquidas menores que um milionésimo de centímetro, emitidas tanto por fontes naturais como por atividade antropogênica. O material particulado influencia na poluição atmosférica, sendo essencial conhecer sua concentração e composição, pois é através dessas informações que se pode determinar a qualidade do ar e seus efeitos na saúde ambiental e humana. O objetivo do estudo é a construção de um aparato e o desenvolvimento de um método simples para determinação da concentração de material particulado: um filtro com suporte ligado por uma mangueira ao hidrômetro e por fim a uma bomba de sucção de ar. O ar passa pelo filtro, que retém o material particulado, e pelo hidrômetro, que contabiliza o ar analisado. A quantidade de material particulado é determinada por diferença de massa dos filtros, pesados antes e depois de cada coleta. Essa massa, em microgramas, dividida pelo volume de ar analisado, resulta na concentração de material particulado (em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do ambiente estudado. Foram analisadas as concentrações de material particulado emitido por duas fontes diferentes: cigarro e incenso. Essas amostras foram queimadas em um ambiente fechado, e o material particulado emitido foi coletado. Além disso, foram realizadas coletas em triplicata no município de Correia Pinto – SC. Sendo o limite estabelecido pela resolução do CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, que institui o PRONAR, de  $240 \mu\text{g m}^{-3}$ , para uma coleta de 24 horas. Os resultados para as amostragens em ambiente interno denotam concentração média de MPTS de  $4.574,3415 \pm 714,862 \mu\text{g}/\text{m}^{-3}$  para cigarros e  $2.553,4635 \pm 1904,83 \mu\text{g m}^{-3}$  para defumadores, números alarmantes para fontes tão comuns, utilizadas pela população geralmente em ambientes fechados. Já as coletas feitas em Correia Pinto mostraram concentrações entre 54,190 e 219,606  $\mu\text{g m}^{-3}$ , sendo que as amostragens variaram entre 6,2 e 11 horas.

**Palavra Chave:** poluição atmosférica; química ambiental; material particulado total em suspensão (MPTS).

## INTRODUÇÃO

O material particulado (MP) é uma das principais causas da poluição atmosférica. Esse material é constituído por uma mistura complexa de partículas líquidas e sólidas (de 0,002 a 100 micrômetros), compostas tanto de substâncias orgânicas quanto de substâncias inorgânicas. O índice MP é um dos principais indicadores da qualidade atmosférica de uma região.

A poluição atmosférica afeta diretamente a saúde humana e ambiental, afetando ecossistemas inteiros. São vários os tipos de poluentes emitidos diariamente na atmosfera em todo o mundo, e as consequências são graves.

Dentre as diversas problemáticas da poluição atmosférica, estão fatores mais conhecidos e estudados

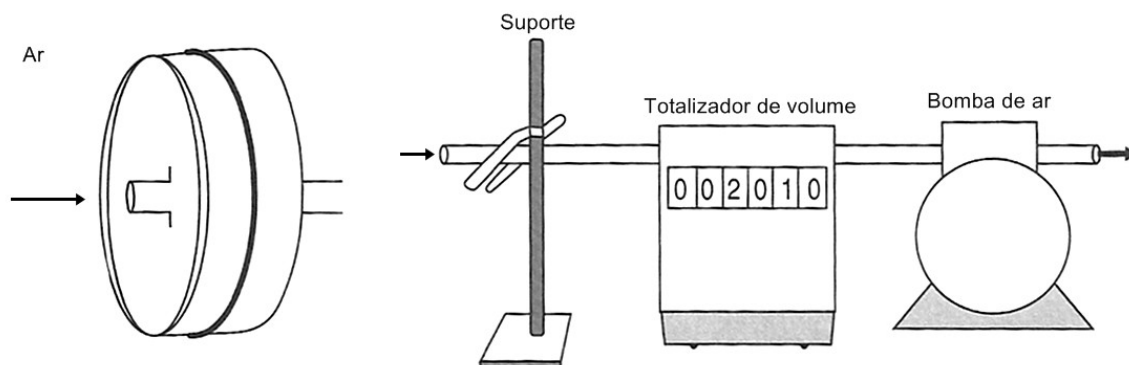
como a destruição da camada de ozônio, causada por uma emissão em massa de gases poluentes na atmosfera, que aumenta a radiação solar sobre a terra e contribui com as mudanças climáticas, e outros fatores pouco estudados como a destruição de plantações por danificação dos tecidos vegetais por ozônio e a interferência na absorção de nutrientes por árvores e outras plantas causando estresse significativo devido à quantidade de ozônio e outros oxidantes. Também é resultado da poluição atmosférica a mortandade de peixes pela acidificação de lagos e rios, causada pela chuva ácida (BAIRD, 2011). O aumento da radiação solar tem causado um salto enorme no número de casos de câncer no mundo todo (CANÇADO, 2006). Além disso, outros gases contribuem para o superaquecimento da Terra, alterando assim o clima como um todo.

Considerando a importância de estudos sobre poluição atmosférica e observando a falta destes estudos na região serrana de Santa Catarina, neste trabalho analisou-se a concentração de material particulado atmosférico em Correia Pinto, a partir da construção de um coletor de ar com materiais de fácil acesso. Os resultados foram obtidos por análise gravimétrica dos filtros das coletas.

## METODOLOGIA

Para a análise do material particulado, foi construído um coletor simples: um suporte com um filtro ligado a uma mangueira conectada a um totalizador de volume e ligada a uma bomba de vácuo ou em um aspirador de pó. As conexões entre as mangueiras e hidrômetro foram vedadas com silicone e fita isolante. A bomba (ou aspirador de pó) succiona o ar, fazendo com que este passe pelo filtro e seja contabilizado pelo totalizador de volume, no caso um hidrômetro, para que se conheça o volume de ar analisado.

**Figura 1:** Esquema de montagem do coletor de material particulado atmosférico.



A parte a ser analisada não é o ar em si, mas sim o material particulado coletado pelo filtro. A concentração do MP foi determinada por gravimetria.

### Coleta de material particulado

O filtro foi pesado antes e depois da coleta, e a diferença entre esses pesos resultou na quantidade de material particulado coletado.

Foi utilizado o papel filtro quantitativo Quany (J Prolab), JP42 faixa azul. Esse filtro possui gramatura de 80 g/m<sup>2</sup> e poros de, em média, 8 µm, possibilitando a coleta de material particulado grosso (até 10 µm).

Para evitar que o material fosse perdido entre a coleta e a pesagem, utilizou-se envelopes de papel alumínio para guardar os filtros antes e após as coletas. Estes envelopes foram pesados juntos com os respectivos filtros. Optamos por papel alumínio por se tratar de um material inerte a umidade e que pode ser seco em estufa. Os filtros foram manuseados com luvas, evitando qualquer tipo de interferência nas



pesagens. Para eliminar a interferência da umidade, todos os filtros foram submetidos à estufa 60°C por 2 horas antes e depois das coletas.

As coletas foram realizadas da seguinte maneira: o funil de Büchner foi posicionado no lugar escolhido para realizar a coleta, e então conectado à mangueira. A outra extremidade da mangueira foi conectada a bomba de sucção. O filtro foi colocado no funil e, anotados a hora e volume inicial da coleta, por fim, a bomba foi ligada. Terminada a coleta, a bomba é desligada, o filtro é cuidadosamente guardado no envelope (sempre manuseado com luvas), e então os dados de volume e hora de término da coleta são anotados. Para as coletas em ambiente interno, foi feito um branco, uma coleta sem queima de nenhum material com o ambiente fechado, para analisar o material particulado já contido no ambiente, possibilitando a comparação com os dados das coletas com queima de amostras.

### Cálculos

A massa de material particulado foi determinada pela diferença de massa do filtro de celulose antes da coleta ( $m_1$ ) e depois da coleta ( $m_2$ ). O volume de ar ( $V_{ar}$ ) analisado é indicado pelo hidrômetro. A equação utilizada será:

**Equação 1:** Fórmula para cálculo de concentração de material particulado.

$$MP (\mu g m^{-3}) = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 1000000}{V_{ar}}$$

Onde:  $m_2$  e  $m_1$ , expressos em g.  
 $V_{ar}$ , expresso em  $m^3$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Testes preliminares

Para testar a funcionalidade do aparato, foi realizada uma coleta-teste. O aparato foi montado no laboratório 5 do IFSC Campus Lages. Para pesagem do filtro, foi utilizado um pote plástico para guardar o filtro, sendo estes pesados juntos. O filtro utilizado foi um pré-filtro de fibra de vidro, (Macherey-Nagel, 85/9-BF), esse filtro é específico para análises gravimétricas, e possui porosidade média de 0,5  $\mu m$ , o que permite a coleta de material particulado fino. Os dados da coleta são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Dados da coleta realizada no dia 17 de agosto de 2015 no Campus Lages - IFSC.

$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$(m_2 - m_1)$ ( $\mu g$ )	Volume de ar analisado ( $m^3$ )	Tempo de coleta (h)	Concentração MPTS ( $\mu g m^{-3}$ )
51,9315	51,9358	4300	7,5865	3,21	566,796

$m_1$ : Massa do pré-filtro de fibra de vidro + pote plástico antes da coleta;  $m_2$ : Massa do pré-filtro de fibra de vidro + pote plástico após coleta;  $(m_2 - m_1)$ : Massa de MP.



A resolução do CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, que instituí o PRONAR (Programa Nacional de controle da qualidade do Ar), determina como aceitável concentração de  $240 \mu\text{g m}^{-3}$ , considerando uma amostragem de 24 horas, e que estes limites não podem ser excedidos mais de uma vez por ano (Santana, E. *et. AL*, 2012). Em pouco mais de três horas obteve-se mais que o dobro desta concentração. Este resultado é justificado pelo período em que foi realizada a coleta, onde queimadas de pastagens ocorrem na região e muita fumaça e MP são lançados ao ar próximo do local da coleta.

Os testes com amostras ambientais ficaram comprometidos, pois iniciou um período de chuva intensa, o que reduz a quantidade de MP atmosférico, optando assim, por realizar testes em ambiente fechado utilizando fontes comuns de MP.

Para avaliar o funcionamento do coletor foram utilizados como fonte de emissão de MP cigarros e defumadores de ambiente. Esses materiais foram queimados em um ambiente fechado (Figura 2), e o coletor foi ligado dentro deste ambiente até dez minutos após a queima completa do material. Para que não houvesse perda de material particulado, foram utilizados envelopes de papel previamente identificados para guardar os filtros antes e após a coleta, até o momento das pesagens. As coletas foram feitas em triplicata. Os dados dessas coletas são apresentados na Tabela 2.

**Figura 2:** Coletor montado para coleta em ambiente interno

**Tabela 2:** Dados das coletas realizadas em ambiente fechado nos dias 2 e 4 de outubro de 2015.

Amostra	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$(m_2 - m_1)$ (g)	Volume de ar analisado ( $\text{m}^3$ )	Tempo de coleta (h)	Vazão da coleta ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Concentração MPTS ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
Branco	4,0182	3,8768	-0,1414	0,9268	0,666	1,3914	-
Cigarro (1)	3,8330	3,7556	-0,0775	0,2546	0,367	0,6937	-
Cigarro (2)	3,8842	3,8134	-0,0708	0,2632	0,383	1,0436	-
Cigarro (3)	3,8659	3,7864	-0,0795	0,2952	0,383	0,7707	-
Defumador (1)	3,8955	3,8320	-0,0635	0,9323	1,15	0,8107	-
Defumador (2)	3,8905	3,7691	-0,1214	0,9148	1,0	0,9148	-
Defumador (3)	3,9240	3,7702	-0,1538	0,8321	1,0	0,8321	-

$m_1$ : Massa do pré-filtro de fibra de vidro + envelope antes da coleta;  $m_2$ : Massa do pré-filtro de fibra de vidro + envelope após coleta;  $(m_2 - m_1)$ : Massa de MP.

Observa-se na Tabela 2 que houve um decréscimo da massa do filtro após coleta de ar. Ainda, o pré-filtro de fibra de vidro desprende partículas ao serem manuseados, ou seja, desmancham com facilidade e estariam sendo succionados com o ar durante a coleta. Para contornar a situação optou-se pelo filtro quantitativo de celulose (papel filtro Quanty - JProLab - JP42 – faixa azul,  $80 \text{g/m}^2$  e poros de  $8 \mu\text{m}$ ). Para isso, foi realizado um teste seguindo o mesmo procedimento anterior, com uma amostra de cigarro. Os dados seguem na Tabela 3.

**Tabela 3:** Dados de teste de coleta com filtro qualitativo.

Amostra	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$(m_2 - m_1)$	Volume de ar	Tempo	Vazão da	Concentração
---------	-----------	-----------	---------------	--------------	-------	----------	--------------



	(g)	analizado (m <sup>3</sup> )	de coleta (h)	coleta (m <sup>3</sup> /h)	MPTS (µg m <sup>-3</sup> )		
Cigarro (1)	3,9024	3,9421	0,0397	0,2068	0,816	0,2534	183.268,859

$m_1$  : Massa do pré-filtro de fibra de vidro + envelope antes da coleta;  $m_2$  : Massa do pré-filtro de fibra de vidro + envelope após coleta; ( $m_2 - m_1$ ): Massa de MP.

Em meio à segunda coleta o hidrômetro parou de contabilizar o volume devido ao filtro utilizado ser mais espesso, dificultando a passagem de ar. A bomba foi ligada na capacidade máxima, eliminando a resistência do ar ao passar pelo filtro quantitativo. Visto o resultado positivo dessa coleta, definiu-se por usar o filtro de celulose quantitativo. Além disso, optou-se por secar os filtros antes e após cada coleta, em estufa, evitando a interferência da umidade nas pesagens, e por usar um material inerte (papel alumínio) que pudesse ser seco juntamente com o filtro, para armazenar os filtros.

#### Determinação de MP em ambiente interno

Após os testes preliminares e adaptações metodológicas para a amostragem, foram realizadas coletas de MP em ambiente fechado após queima de cigarro e defumadores. Os resultados constam na Tabela 4.

**Tabela 4:** Dados das coletas realizadas nos dias 25 e 26 de outubro de 2015.

Amostra	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	( $m_2 - m_1$ ) (g)	Volume de ar analisado (m <sup>3</sup> )	Tempo de coleta (h)	Vazão da coleta (m <sup>3</sup> /h)	Concentração MPTS (µg m <sup>-3</sup> )
Branco	0,5579	0,5591	0,0012	0,5629	0,5	1,1258	2.131,817
Cigarro (1)	0,6161	0,6175	0,0014	0,2756	0,2166	1,2724	5.079,826
Cigarro (2)	0,4974	0,4987	0,0013	0,3195	0,2833	1,1278	4.068,857
Defumador (1)	0,4595	0,4634	0,0039	0,9999	0,8833	1,1320	3.900,390
Defumador (2)	0,4678	0,4689	0,0011	0,9117	0,666	1,3689	1.206,537

$m_1$  : Massa do filtro quantitativo de celulose + papel alumínio antes da coleta;  $m_2$  : Massa do filtro quantitativo de celulose + papel alumínio após coleta; ( $m_2 - m_1$ ): Massa de MP considerando filtros secos (60° C por 2 hs).

Segundo os dados da Tabela 4 verificamos que a concentração média de MPTS foi de  $4.574,3415 \pm 714,862 \mu\text{g m}^{-3}$  para cigarros e  $2.553,4635 \pm 1904,83 \mu\text{g m}^{-3}$  para defumadores.

A secagem dos filtros resultou em diferenças positivas entre as pesagens prévias e posteriores as coletas. É importante ressaltar que esses dados são alarmantes para as amostras como cigarros e defumadores. São materiais comuns, consumidos diariamente pelo mundo todo, mas que não se imagina o impacto que podem causar a saúde e ao meio ambiente quando sua queima é feita em local fechado e sem ventilação.

#### Amostragem ambiental

As coletas (Figura 3) foram realizadas na cidade de Correia Pinto, Santa Catarina, no bairro Pró-Flor. Os dados da coleta seguem abaixo (Tabela 5), assim como as condições climáticas (Tabela 6) dos dias em que as coletas foram realizadas.

**Figura 3:** Imagem da forma que foi disposta o suporte com filtro para coleta ambiental.



**Tabela 5:** Dados das coletas de ar atmosférico em Correia Pinto - SC.

Data	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$(m_1 - m_2)$ (g)	Volume de ar analisado ( $m^3$ )	Tempo de coleta (h)	Vazão da coleta ( $m^3/h$ )	Concentração MPTS ( $\mu g m^{-3}$ )
30/10/15	0,5023	0,5037	0,0014	10,906	11	0,9914	128,369
01/11/15	0,4676	0,4687	0,0011	20,2988	11	1,8453	54,190
08/11/15	0,4021	0,4044	0,0023	10,4733	6,2	1,6892	219,606

$m_1$  : Massa do filtro quantitativo de celulose + papel alumínio antes da coleta;  $m_2$  : Massa do filtro quantitativo de celulose + papel alumínio após coleta;  $(m_2 - m_1)$ : Massa de MP considerando filtros secos (60° C por 2hs).

Segundo os dados da Tabela 5 verificamos que a concentração média de MPTS foi de  $134,055 \pm 82,85 \mu g m^{-3}$  para as coletas ambientais realizadas em Correia Pinto- SC.

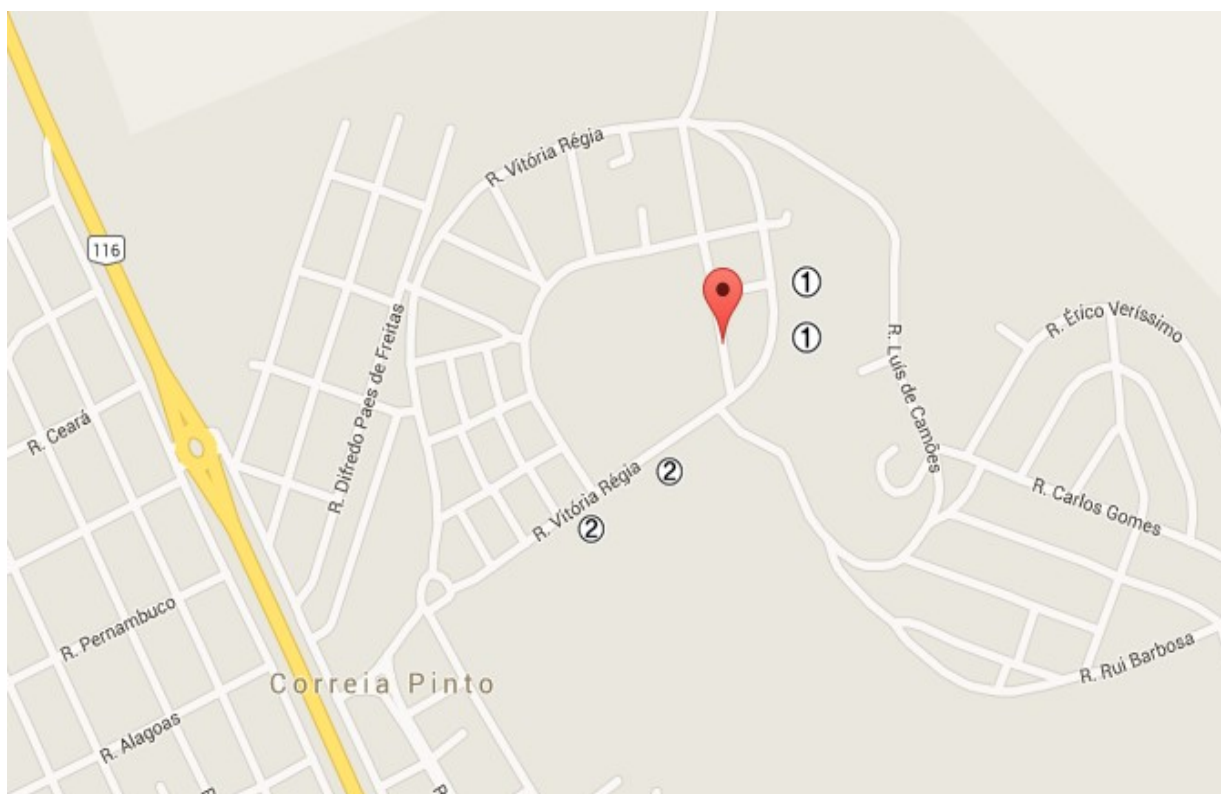


De acordo com os dados da Tabela 7, para coleta do dia 08/11/2015, apresenta resultado elevado considerando os limites da resolução PRONAR para uma coleta de 24 horas. Corroboram ainda as condições climáticas (Tabela 6), do dia da coleta, onde não houve lavagem da atmosfera por chuva. Esses resultados elevados são justificados pela interferência do local da coleta sobre a emissão de material particulado. Além de emissões resultantes de fontes naturais, existem emissões por ação antropogênica, como a circulação de veículos, chaminés de padarias e mercados, lareiras e fogões à lenha de residências e indústrias próximas do local onde foi realizada a coleta (Figura 4).

**Tabela 6:** Dados meteorológicos referentes aos dias de coleta em Correia Pinto - SC.

Data	Condição climática	Temperatura média (°C)	Umidade (%)	Vento (k/h)
30/10/2015	Dia ensolarado	29	48	26 – NE
01/11/2015	Leve garoa	19	94	13 – NO
08/11/2015	Nublado	23	78	11 – O

**Figura 4:** Localização das coletas realizadas em Correia Pinto - SC.



**Legenda:** Os pontos indicados pelo número 1 são locais que constam construções civis mais próximas ao local de amostragem. Os pontos 2 são padarias que possuem chaminés.

## CONCLUSÕES

O aparato e a metodologia demonstraram potencial para aplicação na determinação de MP em ambientes fechado e amostragem ambiental. Observou-se a partir dos dados de concentração de material



particulado obtidos com as coletas na cidade de Correia Pinto, que estão acima dos limites estabelecidos pela resolução PRONAR, mesmo para coletas inferiores à 24 horas, assim prejudicando a saúde da população e o meio ambiente.

Pode-se observar grande interferência das condições climáticas nas concentrações de material particulado atmosférico além da emissão por ação natural (emissão de compostos orgânicos voláteis por árvores e partículas de solo levadas por ventos) e antropogênica (chaminés de padarias, mercados e indústrias e emissão por construções civis) na concentração de material particulado. Por tanto, maior número de coletas e de 24 horas de duração devem ser realizadas para efetivar as constatações iniciais sobre a poluição por MP em Correia Pinto no ponto de coleta estudado.

### AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, seu corpo docente, administração e direção pela oportunidade de realização deste trabalho.

A Secretaria Municipal de Águas e Saneamento que disponibilizou o hidrômetro para construção do aparato utilizado neste estudo.

Ao Prof. Dr. Marcel Piovezan pelo constante incentivo e crença na efetivação do estudo, pela paciência e carinho constante. Obrigada.

Ao Délcio Vieira e ao Jefferson Oliveira, responsáveis pelos laboratórios do IFSC, pelo auxílio e paciência.

Aos familiares pelo amor e paciência.

### REFERÊNCIAS

Santana, E. *et al.* Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Européia. Francine SakataLais Flores 2012. 81

BAIRD, C. Química Ambiental. Porto Alegre.:Bookman., 2011. 884 p.

ROCHA, J. C. Introdução à Química Ambiental. Porto Alegre.:Bookman., 2009. 256 p.

Cançado, J. E. D. et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 32, p. S5-S11, 2006. ISSN 1806-3713. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132006000800003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132006000800003&nrm=iso)>.

MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. Glasfaserfilter. Disponível em <http://www.mn-net.com/StartpageFiltration/Filterpapers/Glasfaserfilter/tabid/10497/language/en-US/Default.aspx>. Acesso em 16/11/2016.

Resende, F. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO: AVALIAÇÃO E CONTROLE NOS CANTEIROS DE OBRAS DE EDIFÍCIOS. 2007. 210 (metre). Engenharia de Construção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [http://www.pcc.usp.br/files/text/personal\\_files/francisco\\_cardoso/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Fernando%20Resende%20p%C3%B3s-banca%202.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Fernando%20Resende%20p%C3%B3s-banca%202.pdf).

AMBIENTE., C. N. D. M. **Resolução Conama n 5** 15 de junho de 1989.