



Purificadores de ar de baixo custo

ALBERTO HERNANDEZ NETO

REALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO



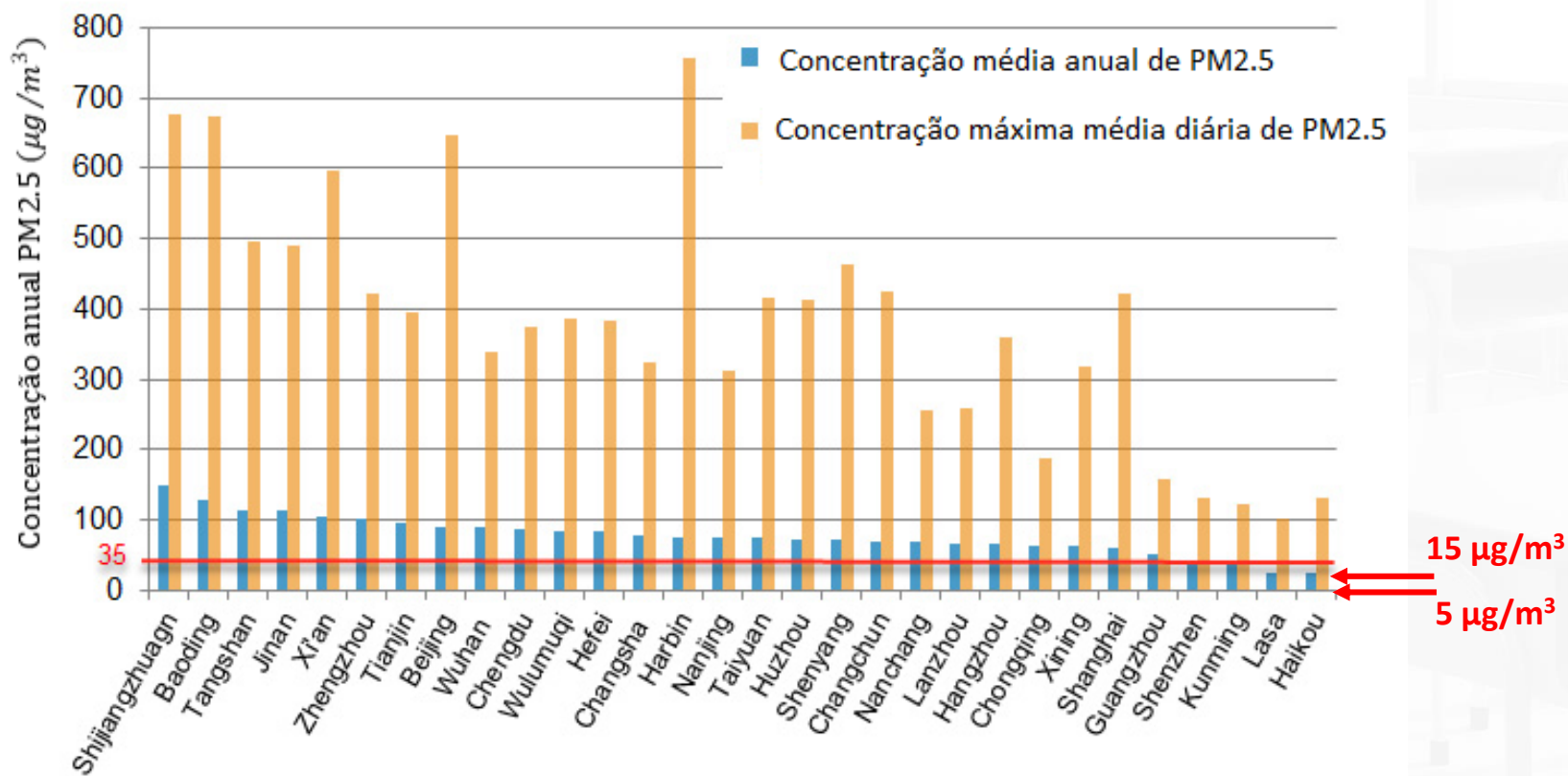
APOIO INSTITUCIONAL



PATROCÍNIO



Nível de particulado



Yin et al. 2015

Nível de vazão de ar limpo

TFAL (Taxa de Fornecimento de Ar Limpo)
CADR (Clean Air Delivery Rate)



Association of Home Appliance
Manufacturers (AHAM) (AHAM,2014)

Cálculos da área adequada

$$TFAL = V_{sala} * NRH$$

Volume
da sala

Número de
renovações por
hora de ar limpo

País	Norma	Área adequada [m ²]
Estados Unidos	ANSI/AHAM AC-1 2016	A=0,085·TFAL
Japão	JEM 1467-2013	A=0,13·P' (1)
Canadá	NRCC-54013-2011	A=0,26·TFAL

(1) P' ≈ TFAL

- P' (2 pontos da curva de decaimento)
- TFAL (múltiplos pontos da curva de decaimento) Yin et al. 2015

PATROCÍNIO

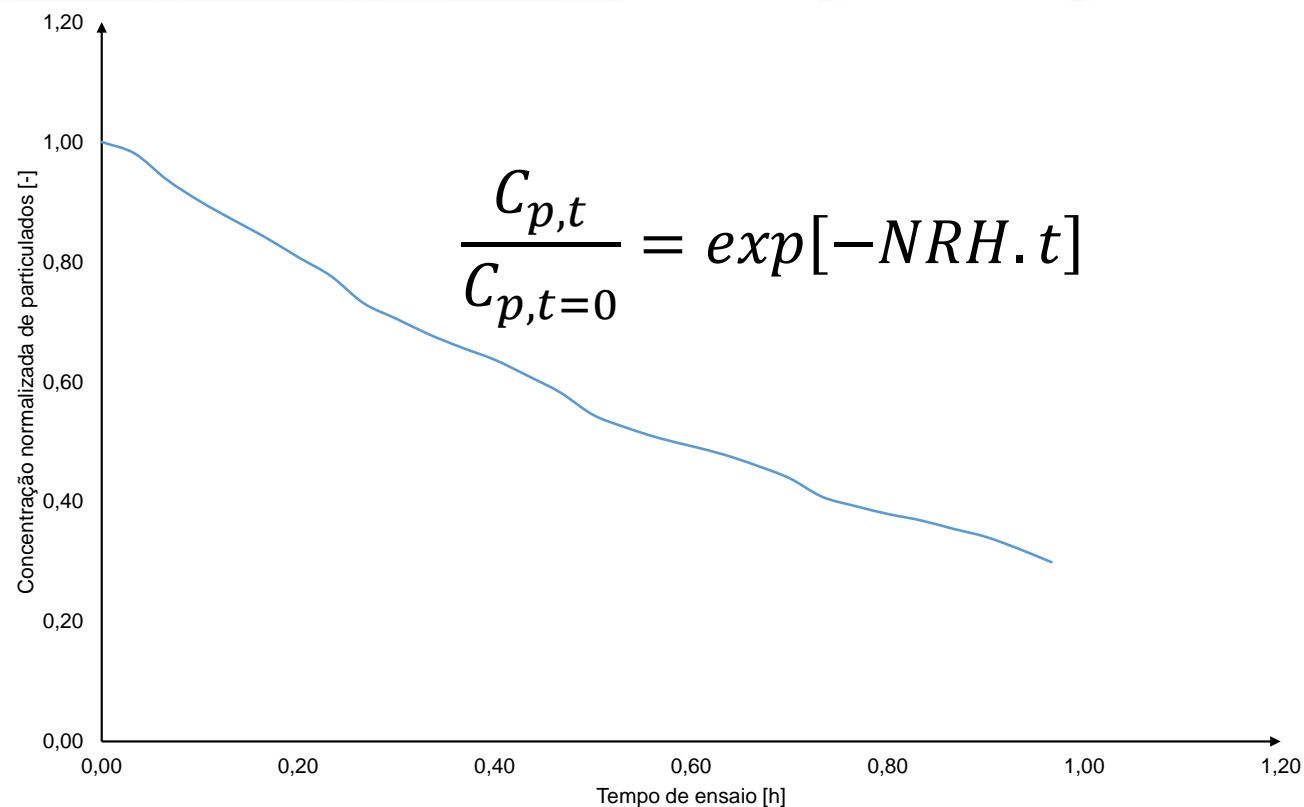
REALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO

APOIO INSTITUCIONAL

$$C_{p,t} = C_{p,ref} + C_{p,t=0} \cdot \exp[-NRH \cdot t]$$

- $C_{p,t}$ = concentração de particulado no instante t, [particulados];
- $C_{p,ref}$ = concentração de particulados de referência. [particulados];
- $C_{p,t=0}$ = concentração de particulados no instante inicial, [particulados];
- NRH = número de renovações por hora, [renovações/hora];
- t = tempo de decaimento, [horas].

Nível de vazão de ar limpo



Yin et al. 2015

Nível de vazão de ar limpo

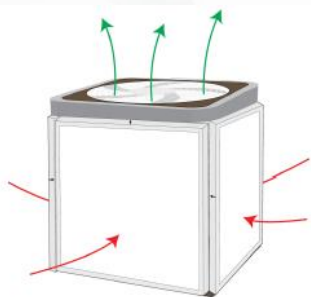
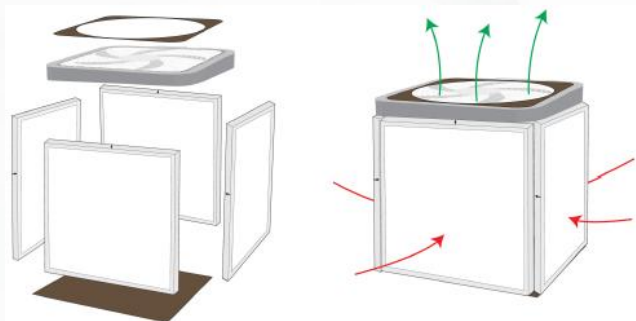
$$NRH_{CCR} = NRH_{CCR+ventilação} - NRH_{ventilação}$$

$$TFAL = V_{sala} * NRH_{CCR}$$

Recomendação AHAM para purificador de ar portátil em ambiente com fumaça de tabaco:

CADR (ft³/min) pelo menos 2/3 da área do ambiente (ft²)

Yin et al. 2015



- 5 faces com filtros MERV13
- 1 face com ventilador

CAIXA CORSI ROSENTHAL

Dal Porto et al. 2022

Equipamentos	Custo unitário	Ambientes
CCR (baixa vel.)	US\$58,43	sala de aula (168 m ³)
CCR (média vel.)		home office (36,2 m ³)
CCR (alta vel.)		
HEPA#1	US\$261	
HEPA#2	US\$90	

CAIXA CORSI ROSENTHAL

Dal Porto et al. 2022

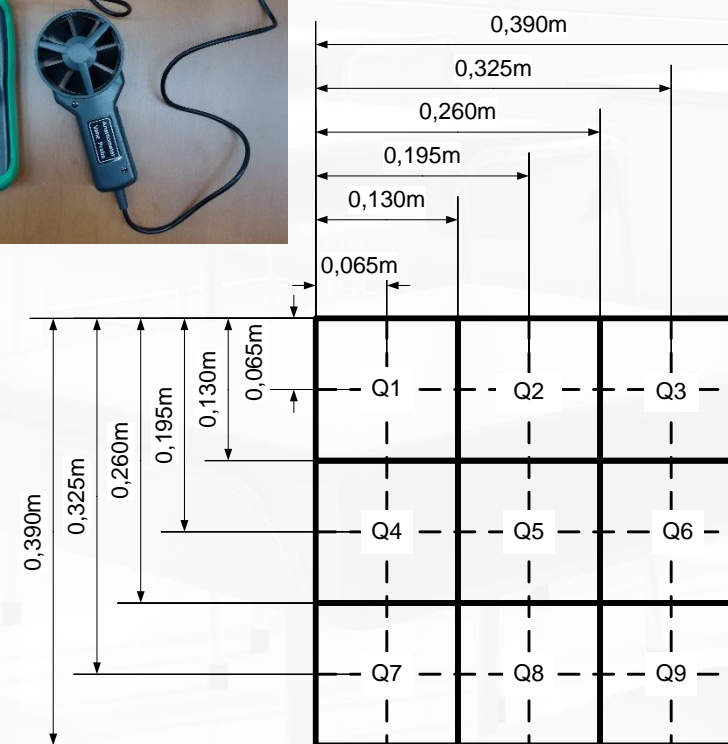
Equipamento	TFAL [m ³ /h]	TFAL [m ³ /h]	Nível de ruído [dB]	Potência/TFAL [W/ m ³ /h]	US\$/TFAL [US\$/ m ³ /h]
CCR (baixa vel.)	1043±61	1018±46	58	0,065	0,06 (2)
CCR (média vel.)	1325 (5)	1325±54	63	0,063	0,04 (2)
CCR (alta vel.)	1398 (5)	1448±83	67	0,069	0,04 (2)
HEPA#1	549±75	484±3	59	0,172	0,51 (3)
HEPA#2	194±41	219±5	54	0,208	0,44 (4)

TESTES REALIZADOS



- 4 faces com filtros G3
- 1 face com ventilador
- Anemômetro: incerteza de $\pm 5\%$ da medida
- Área: incerteza de $\pm 10^{-4} \text{ m}^2$

Nível	Velocidade
Baixo	$0,43 \pm 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$
Médio	$0,50 \pm 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$
Alto	$0,57 \pm 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$

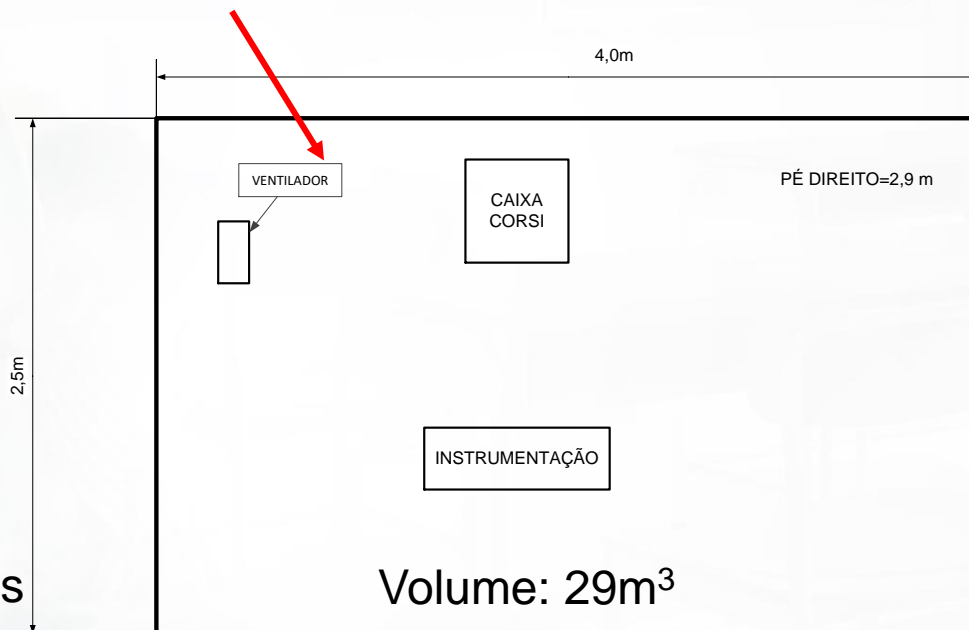


TESTES DE PARTICULADOS



Contadores de partículas
Gray Wolf IAQ-3016
(PM_{2,5}; PM₅ e PM₁₀)

Aumento da
turbulência



Teste: 60 minutos
Velocidade do ventilador do CCR: alto

Coleta de amostras:

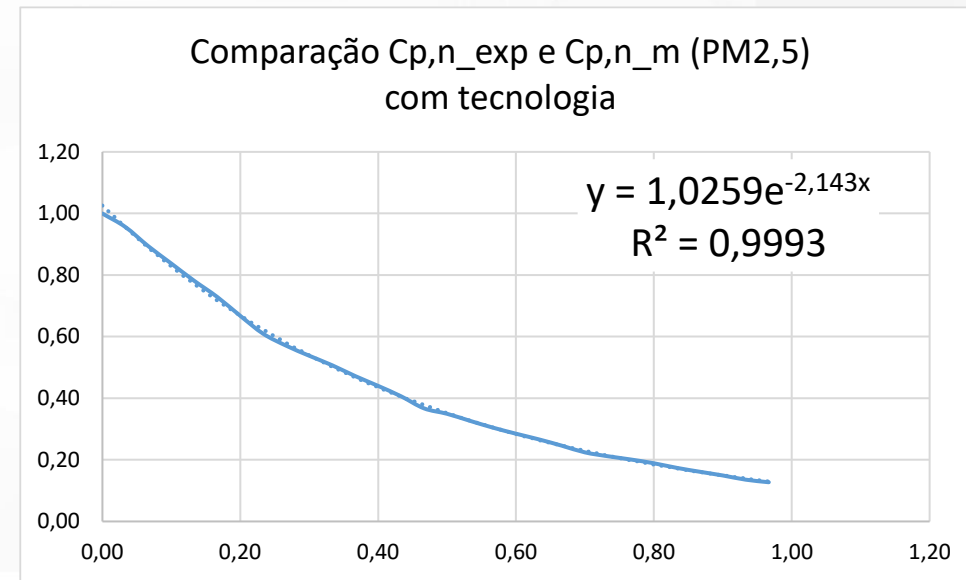
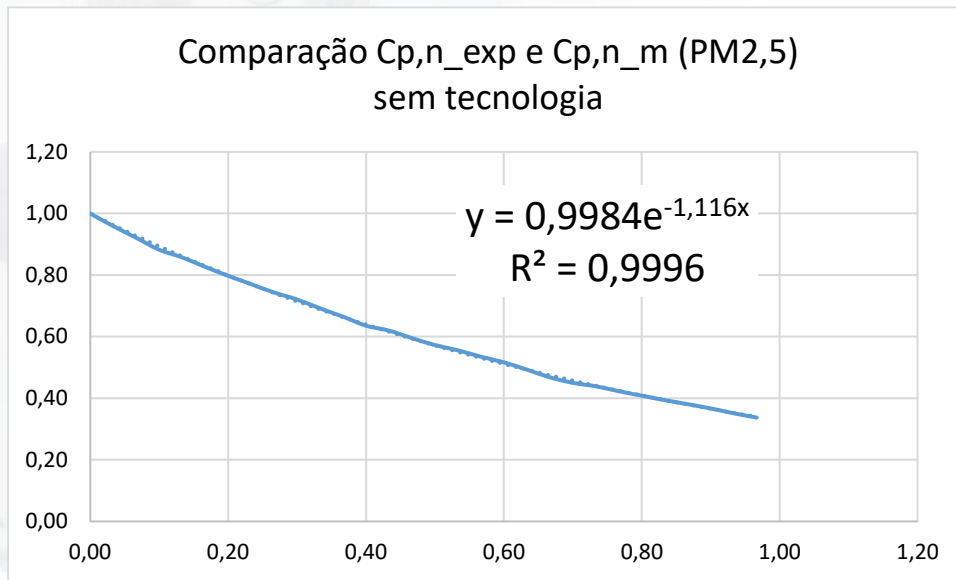
- Altura de 94 cm do chão
- Período de amostragem: 2 minutos
- Volume de sucção: 2,83 l/min
- Amostragem total: 5,66 l/medição

$$C_{p,t} = C_{p,ref} + C_{p,t=0} \cdot \exp[-NRH \cdot t]$$

$$\frac{C_{p,t}}{C_{p,t=0}} = \exp[-NRH \cdot t]$$

TESTES DE PARTICULADOS

$$NRH_{CCR} = NRH_{CCR+ventilação} - NRH_{ventilação}$$



TESTES DE PARTICULADOS

NRH_{CCR} e TFAL para PM_{2,5}, PM₅ e PM₁₀

Tamanho de particulado	NRH _{CCR} [ren/h]	TFAL [m ³ /h]	Eficácia [%]
2,5	0,94±1,8%	27,3±1,8%	18,2 ± 5,4
5,0	1,30±4,8%	37,6±4,8%	18,1 ± 4,1
10,0	1,36±5,5%	39,6±5,5%	18,0 ± 4,0

TESTES MICROBIOLÓGICOS

- Análise de fungos viáveis no ar (Norma Técnica 001 da Resolução-RE nº 09 da ANVISA (ANVISA, 2003))
- Altura da Coleta : 1,5 m do chão
- Amostrador Andersen de 1 estágio (400 furos)
- Bomba de sucção de ar com fluxo calibrado em 28,3 L/min
- Placa de Petri confeccionada com meio de cultura SDA
- Volume de ar amostrado: 141,5 l/amostra
- Incubação por 7 dias sob temperatura controlada (25 ± 1) °C (Laboratório de Microbiologia III da Conforlab)
- Contagem do número de colônias em cada placa de Petri para cálculo da concentração de fungos viáveis no ar (UFC/m³) antes e após o uso ininterrupto da tecnologia por 60 minutos
- Ambiente sem ocupação e com o sistema de renovação de ar desligado.



TESTES MICROBIOLÓGICOS

- Avaliação de eficácia para redução da concentração de fungos viáveis
- Amostragem:
 - ✓ Tempo: 0 minuto (concentração inicial, c_i)
 - ✓ Tempo: 60 minutos (concentração final, c_f)
- Redução da concentração de fungos viáveis:
 - ✓ 23 % (período matutino)
 - ✓ 55 % (período vespertino)
- Redução média da concentração de fungos viáveis: 39 %



CONCLUSÕES

- Comportamento de CCR com 4 faces com filtro
- CCR analisada: $1,0 < NRH < 1,5$
- CCR literatura: $6,0 < NRH < 8,0$
- Níveis baixos de eficiência de microrganismos: 39%
- Novos estudos para melhoria da eficiência



Referências

ANVISA. 2003. Norma técnica 01 – Resolução RE nº 09.

Dal Porto, Rachael, Monet N. Kunz, Theresa Pistochini, Richard L. Corsi, and Christopher D. Cappa. 2022. Characterizing the Performance of a Do-It-Yourself (DIY) Box Fan Air Filter. *Aerosol Science and Technology* 56 (6): 564–72.

<https://doi.org/10.1080/02786826.2022.2054674>

Yin, Xiaotong, Junjie Liu, Jingjing Pei, and Yuefei Hou. 2015. “A New Calculating Model for the Suitable Area of Air Cleaners Purifying Indoor Gaseous Chemical Contaminants.” *Procedia Engineering* 121: 1467–74. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.071>.

REALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO



APOIO INSTITUCIONAL



PATROCÍNIO





PERGUNTAS?

ahneto@usp.br

REALIZAÇÃO E COORDENAÇÃO



APOIO INSTITUCIONAL



PATROCÍNIO

