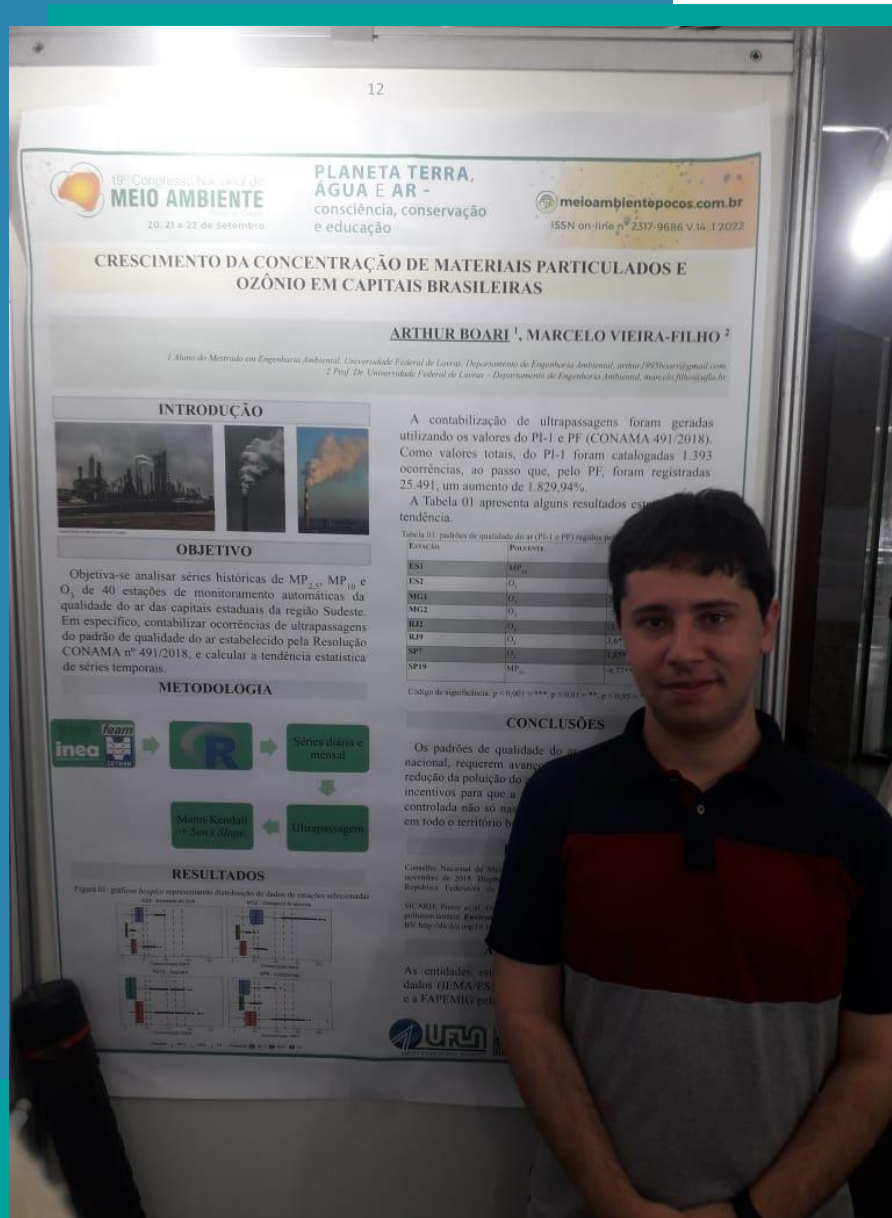




Poluição do ar

Arthur Boari



Arthur Boari

- Bacharel e Mestre em Engenharia Ambiental – UFLA
- Experiências:
 - Análises de água e esgoto;
 - Estimativa de evapotranspiração;
 - Poluição do ar;
 - Análise de dados em R.



O que é um poluente atmosférico?

Conceito de poluente atmosférico

“Qualquer forma de matéria em **quantidade, concentração, tempo** ou outras características, **que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde**, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”

(Resolução CONAMA nº 491/2018, art. 2º, inciso I)



Como afetam a saúde humana?


Doenças cardiovasculares e respiratórias

- $MP_{2,5}$ prejudicar a função dos vasos sanguíneos e acelerar a calcificação nas artérias;
- Pode afetar o desenvolvimento pulmonar e ocasionar o desenvolvimento de enfisema, asma e outras doenças respiratórias;
- Crianças que vivem em áreas urbanas de baixa renda tendem a ter mais casos de asma do que outras;
- MP e óxido de nitrogênio estão ligados à bronquite crônica.



Material particulado

“partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros” (Resolução CONAMA nº 491/2018, art. 2º, inciso VII)



THE RELATIVE SIZE OF PARTICLES

From the COVID-19 pandemic to the U.S. West Coast wildfires, some of the biggest threats now are also the most microscopic.

A particle needs to be 10 microns (μm) or less before it can be inhaled into your respiratory tract. But just how small are these specks?

Here's a look at the relative sizes of some familiar particles >

HUMAN HAIR 50-180 μm >
FOR SCALE

FINE BEACH SAND 90 μm >

GRAIN OF SALT 60 μm >

WHITE BLOOD CELL 25 μm >

GRAIN OF POLLEN 15 μm >

DUST PARTICLE (PM_{10}) <10 μm >

RED BLOOD CELL 7-8 μm >

RESPIRATORY DROPLETS 5-10 μm >

DUST PARTICLE ($\text{PM}_{2.5}$) 2.5 μm >

BACTERIUM 1-3 μm >

WILDFIRE SMOKE 0.4-0.7 μm >

CORONAVIRUS 0.1-0.5 μm >

T4 BACTERIOPHAGE 0.225 μm >

ZIKA VIRUS 0.045 μm >

<50 μm : PTS



Pollen can trigger allergic reactions and hay fever—which 1 in 5 Americans experience every year.

Source: Harvard Health

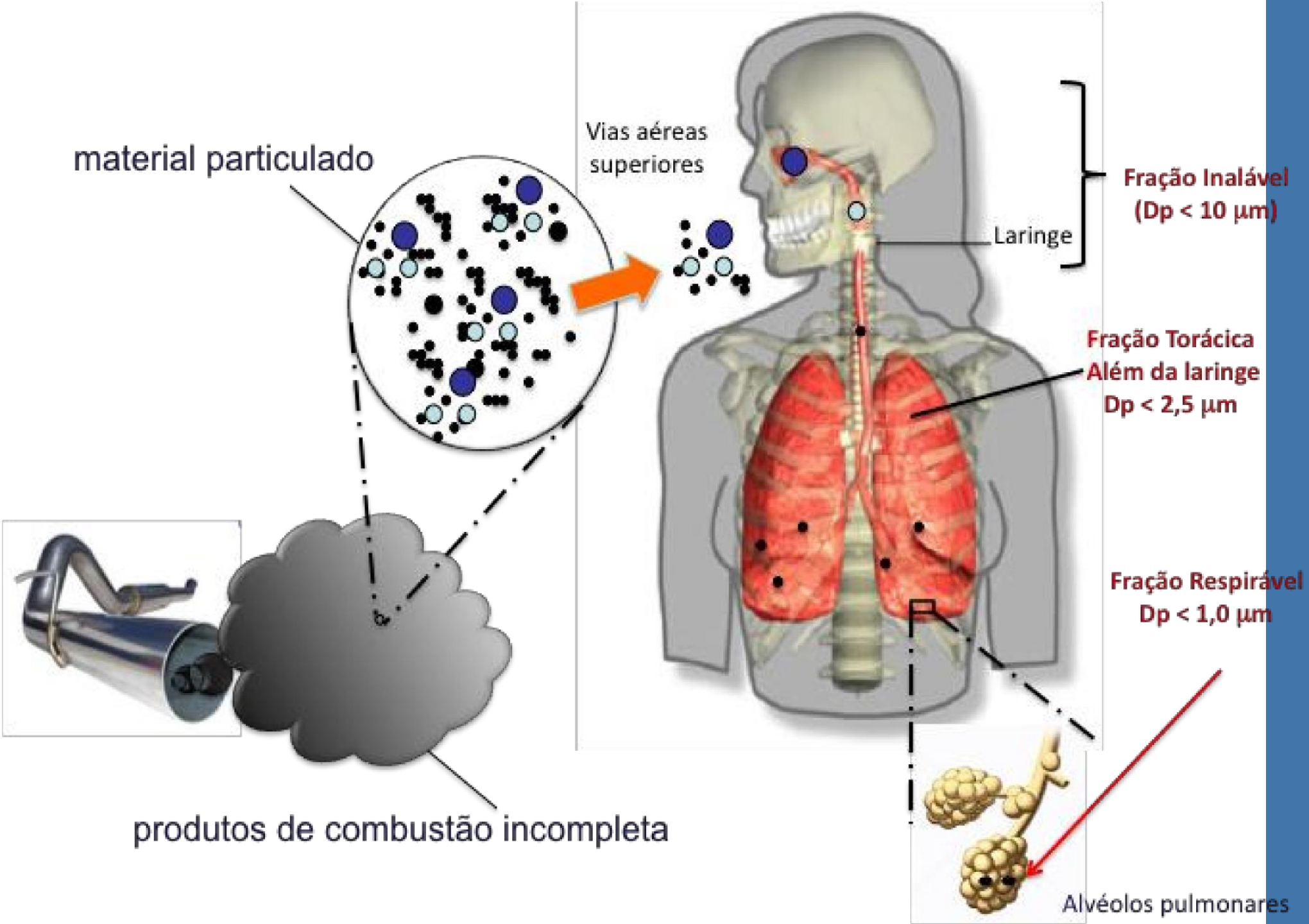
The visibility limits for what the naked eye can see hovers around 10-40 μm .



Respiratory droplets have the potential to carry smaller particles within them, such as dust or coronavirus.



Wildfire smoke can persist in the air for several days, and even months.



Transporte de material particulado

Análises confirmam presença de partículas de queimadas maior do que o normal em água de chuva preta de SP

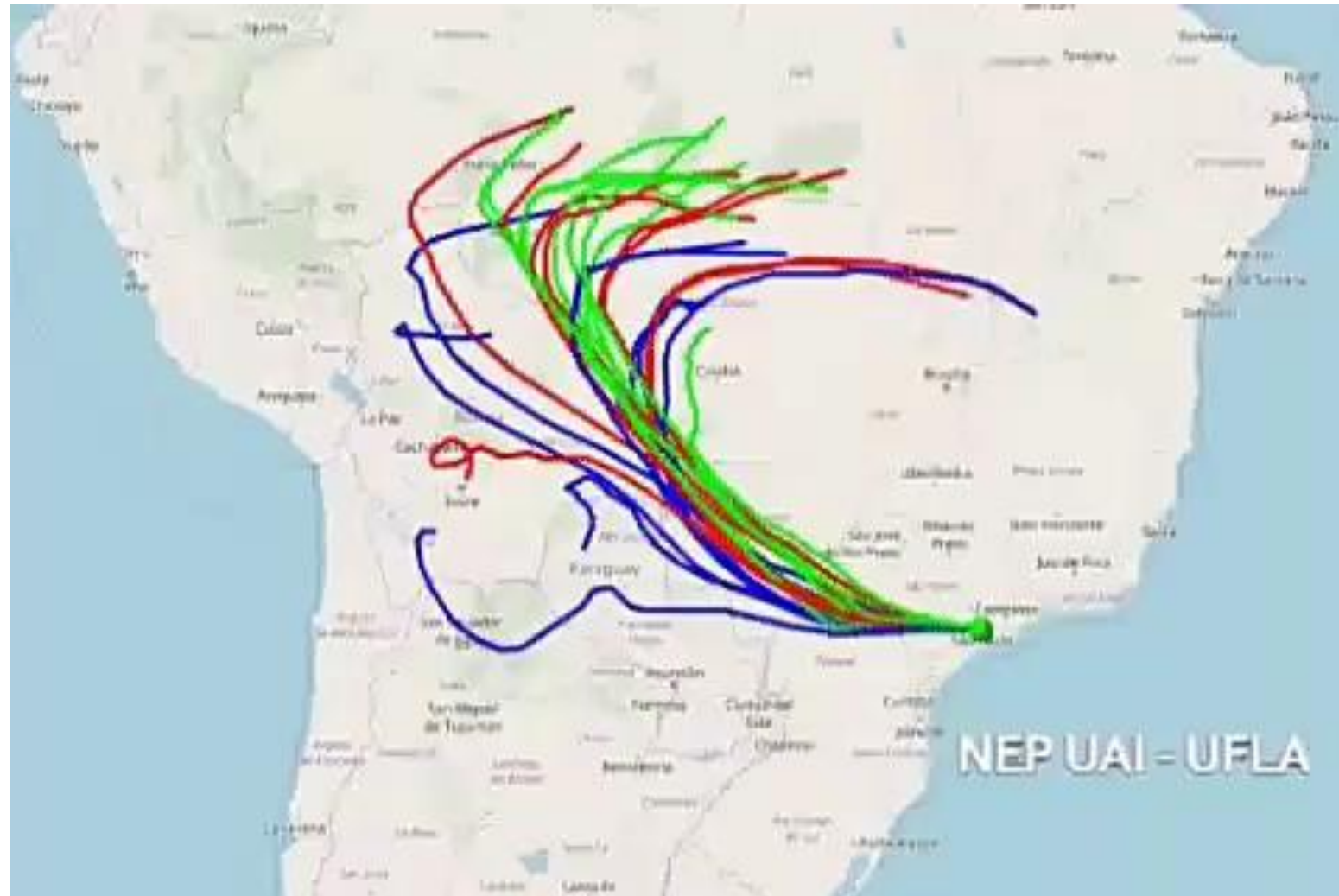
Pesquisadores explicam efeitos da fuligem de queimadas na cor da chuva em São Paulo. Inmet afirma que maior parte da fumaça veio de outros países. Testes mostram quantidade elevada de substâncias provenientes de incêndios florestais.

Por G1 SP, GloboNews e TV Globo

20/08/2019 20h21 · Atualizado há 4 anos



Transporte de material particulado





E a legislação?

Resolução CONAMA nº 05/1989

➤ Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR)

- Estratégias de adoção de limites máximos de emissão de poluentes por fontes poluidoras, adoção de padrões nacionais de qualidade do ar, implementação de sistemas de monitoramento da qualidade do ar, dentre outros.
- Instrumentos são:
 1. Limites máximos de emissão;
 2. Padrão Nacional de Qualidade do Ar;
 3. Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE);
 4. Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar, dentre outros

Resolução CONAMA nº 436/2011

- Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.
- ❖ **ANEXO XI:** Limites de emissão de poluentes atmosféricos provenientes da indústria do cimento *portland*

Resolução CONAMA nº 436/2011

Equipamentos	MP*	Óxidos de nitrogênio (como NO ₂)
Fornos de clínquer sem coprocessamento	50 ^{(1) (4)}	1000 ^{(3) (4)}
Fornos de clínquer com coprocessamento	50 ^{(1) (4)}	800 ^{(3) (4)}
Resfriadores de clínquer	50	NA
Moinhos de cimento	50	NA
Secadores de escória e de areia	50 ⁽²⁾	NA
Ensacadeiras	50	NA

* os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e com o teor de oxigênio definido para cada fonte.

Deliberação Normativa Copam nº 187/2013

- Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências.
- ❖ **ANEXO VIII:** Condições e limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de indústrias de cimento
 - PRAZO PARA ATENDIMENTO:
 - *Fontes existentes: MP (2018) e NO_x (2016)*
 - *Fontes novas: a partir do início de operação.*

Deliberação Normativa Copam nº 187/2013

Fonte	Condições e LME (mg/Nm ³)	
	MP	NOx
Forno de clínquer autorizado a realizar coprocessamento de resíduos (3)	50	450 (N) e 730 (E)
Forno de clínquer não autorizado a realizar coprocessamento de resíduos	50	650 (N) e 1.000 (E)
Resfriador de clínquer	50	NA
Moinho de cimento	50	NA
Secador de escória e de areia	50	NA
Ensacadeira	50	NA
Moinho de combustível	50	NA
Outras fontes (4)	50	NA

Resolução CONAMA nº 499/2020

➤ *Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer.*

❖ Seção VII: Dos Limites de Emissão

- Art. 33. Os limites de emissão dos poluentes poderão ser mais restritivos, a critério do órgão ambiental competente, em função dos seguintes fatores:
 - I - capacidade de dispersão atmosférica dos poluentes, considerando as variações climáticas e de relevo locais; ou
 - II - a intensidade de ocupação industrial e a qualidade de ar da região.

Resolução CONAMA nº 499/2020

➤ *Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer.*

❖ Seção IX: Do Monitoramento Ambiental

- Art. 39. Os relatórios de automonitoramento ambiental competente de acordo com o plano de monitoramento.
- Art. 41. Deverão ser monitorados de forma contínua a pressão interna, temperatura dos gases, vazão de precipitador eletrostático, vazão de água de resfriamento, O_2 , NO_x e THC.
- Art. 42. Deverão ser monitorados de forma contínua os níveis de HCl/Cl_2 , HF , dioxinas e furanos e de metais pesados.
- Art. 46. Os parâmetros MP , NO_x , SO_x , O_2 e THC deverão ser monitorados de forma contínua e os resultados encaminhados ao órgão ambiental competente, podendo ser on-line, conforme critério por ele definido.

São poluentes orgânicos persistentes (POPs), o que significa dizer que são tóxicos, bioacumulam nas cadeias tróficas, podem ser transportados a longas distâncias e não são facilmente degradados.

Resolução CONAMA nº 499/2020

- *Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer.*
- ❖ **ANEXO III:** Limites de emissão de poluentes atmosféricos provenientes de fornos rotativos de produção de clínquer utilizados para atividades de coprocessamento de resíduos para a produção de cimento. (SIMPLIFICADA)

Poluente	Limites Máximos de Emissão
Material Particulado	50 mg/Nm ₃
THC (expresso como propano)	39 mg/Nm ₃
Dioxinas e furanos	0,1 ng/Nm ³

A low-angle photograph of three industrial smokestacks. The two prominent stacks in the foreground are painted with alternating red and white horizontal bands and are surrounded by metal scaffolding. They are emitting thick, dark grey smoke that rises into the sky. A third, smaller stack is visible in the background. The sky is filled with the smoke, creating a dramatic, hazy atmosphere. The image is framed by a blue border at the top and bottom.

Equipamentos de Controle de Poluição do Ar

Controle da emissão de material particulado

1. Filtros de Manga
2. Coletores Inerciais ou Gravitacionais
3. Coletores Úmidos
4. Ciclones
5. Pós-queimadores
6. Precipitadores Eletrostáticos/Eletrofiltros

Controle da emissão de material particulado

Quadro 15 - Exemplo de eficiência fracionada (%)

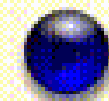
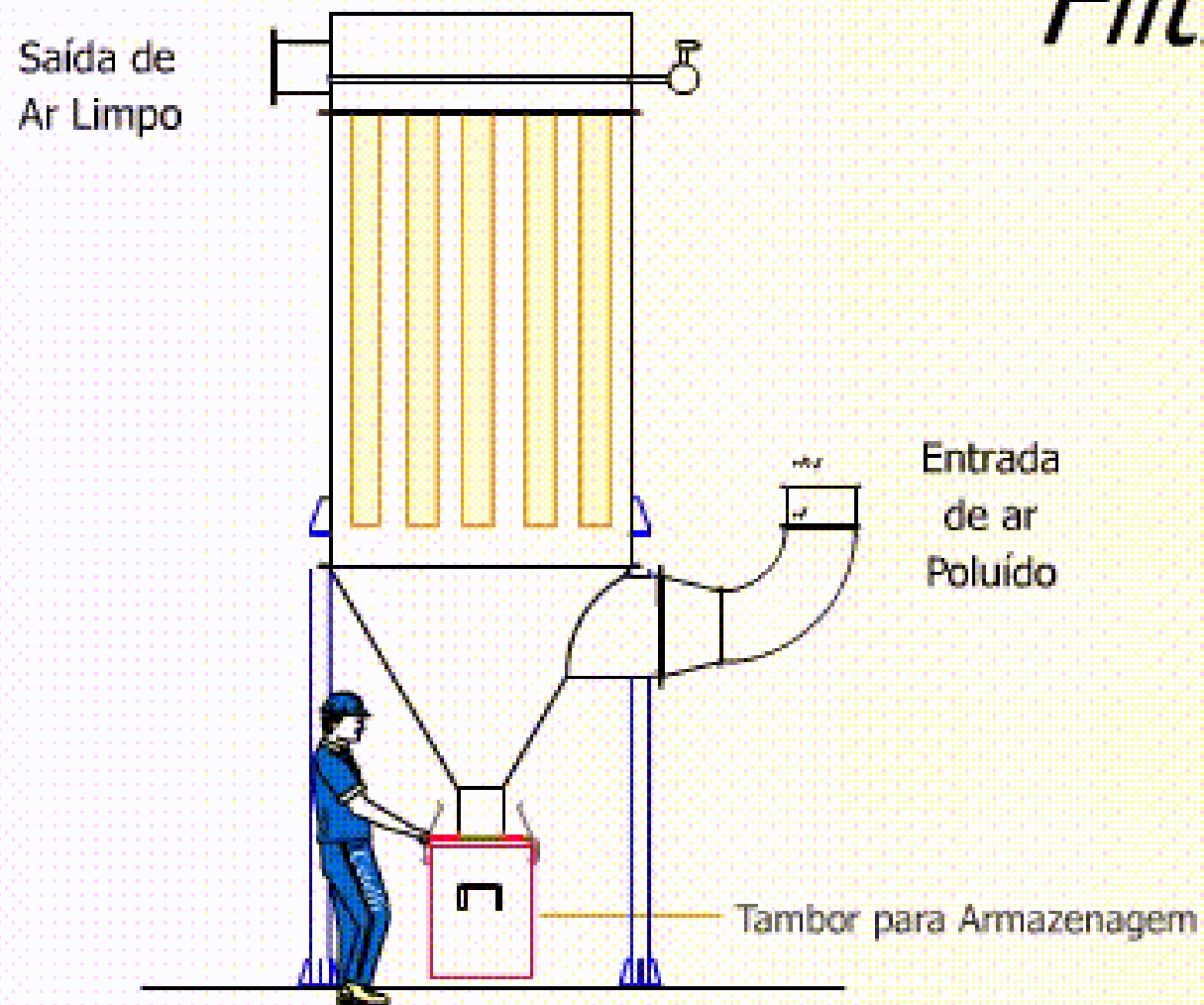
Tipo de Equipamento	FAIXAS DE DIÂMETROS (μm)*				
	0 – 5	5 -10	10 – 20	20 – 44	> 44
Ciclone de baixa pressão	6,0	36,0	69,0	91,0	98,0
Ciclone de alta pressão	40,0	80,0	95,0	99,0	99,8
Multiciclone	25,0	54,0	74,0	95,0	98,0
Lavadores de média energia	80,0	90,0	98,0	100,0	100,0
Lavadores Venturi (alta energia)	96,0	99,0	100,0	100,0	100,0
Filtro de Mangas	98,0	99,0	100,0	100,0	100,0
Precipitador eletrostático	97,0	99,0	99,5	100,0	100,0

* Diâmetro aerodinâmico equivalente

NOTA - Valores somente para fins comparativos. Valores reais dependem do projeto e de condições de operação e de manutenção do equipamento.

Filtro de manga

Filtro de Mangas



Voltar

Filtro de manga (Vantagens)

- Alta remoção de material particulado grosso e fino;
- Capacidade de operar com grande diversidade de pós;
- Possibilidade de recirculação da saída de ar do filtro pela planta (conservação de energia);
- O material coletado é seco (pronto para disposição);
- Não envolve efluentes líquidos (como em lavadores úmidos);
- Operação relativamente simples.

Filtro de manga (Desvantagens)

- Custo de manutenção relativamente altos (troca das mangas);
- A troca das mangas pode necessitar de proteção respiratória adequada;
- Não pode trabalhar com gases úmidos;
- Risco de explosão, em caso de operação deficiente.

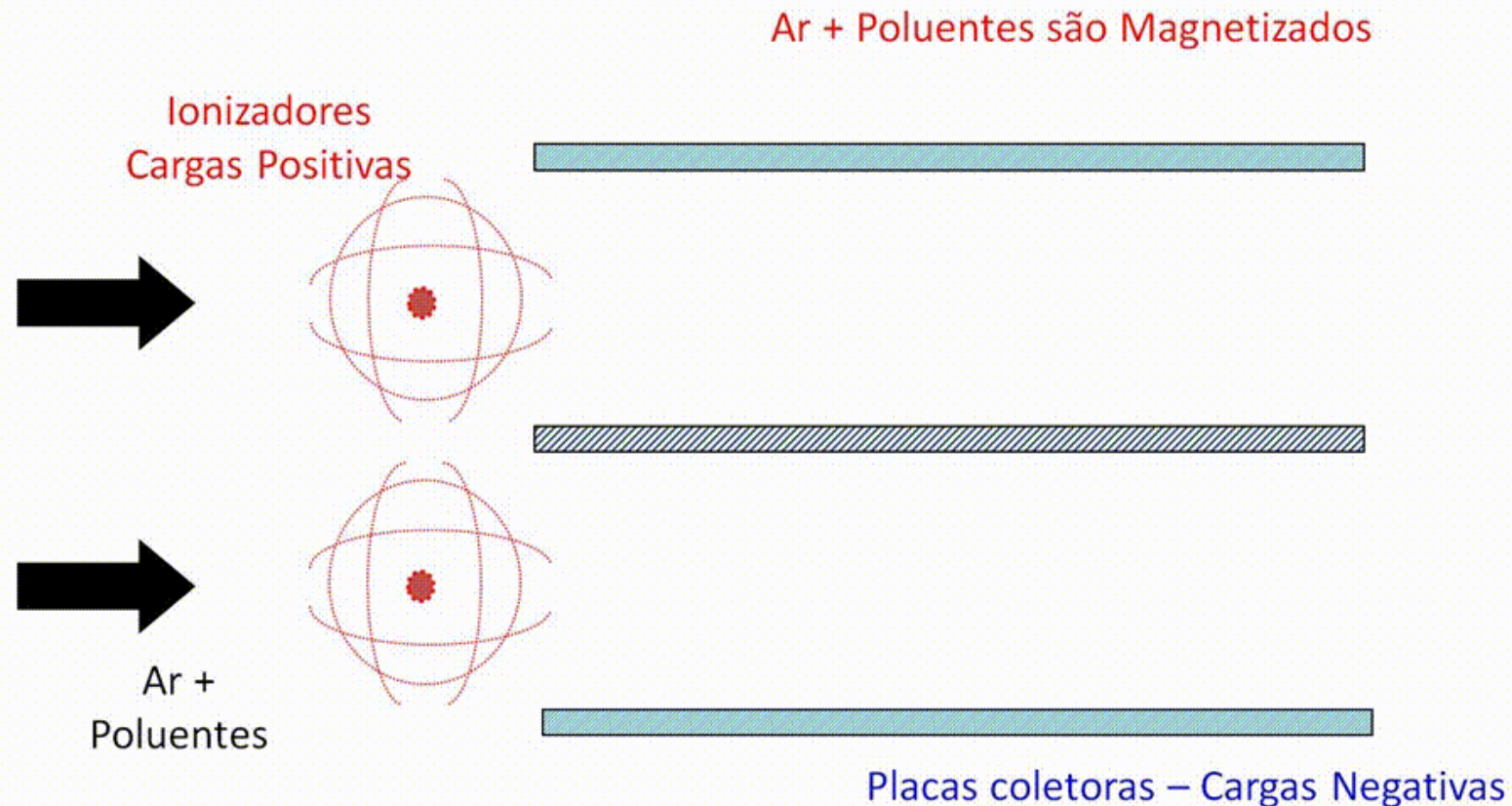
Controle da emissão de material particulado

1. Filtros de Manga
2. Coletores Inerciais ou Gravitacionais
3. Coletores Úmidos
4. Ciclones
5. Pós-queimadores
6. **Precipitadores Eletrostáticos/Eletrofiltros**

Controle da emissão de material particulado



FILTRAGEM ELETROSTÁTICA



Precipitadores Eletrostáticos (Vantagens)

- Alta eficiência de coleta de material particulado (fino e grosso), e consumo de energia relativamente baixo;
- Coleta e disposição dos resíduos a seco;
- Capacidade de operação contínua com mínima necessidade de manutenção;
- Custo de operação relativamente baixo;
- Capacidade de tratar altas vazões de maneira eficaz.

Precipitadores Eletrostáticos (Desvantagens)

- Custo de capital alto (projeto, engenharia e instalação);
- Necessidade de espaço relativamente grande para instalação;
- Risco de explosão quando trata gases ou partículas combustíveis;
- Incapacidade de controle das emissões de poluentes gasosos;
- Manutenção relativamente sofisticada e personalizada.

Umectação de vias



“O ato de tomar água é voluntário, o ato de respirar não. Não pensamos, não percebemos, apenas respiramos.” -

Evangelina Vormittag (Dra. em Medicina, USP)

eng.arthurboari@gmail.com