

Biofiltro (FB-E AP): uma nova alternativa sustentável para climatizar e purificar ambientes internos

William Roberto Luiz Silva Pereira

(Biólogo e Pesquisador em Ecologia e Sustentabilidade)

Currículo acadêmico: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?metodo=apresentar&id=K4436259P7>

Currículo profissional completo: <http://br.linkedin.com/pub/william-roberto-luiz-silva-pereira/40/426/b4b>

Trabalhos técnico-científicos: https://www.researchgate.net/profile/William_Pereira

Muro-vivo

evolui para:

Biofiltro

evolui para:

Filtro de Bio-Escoamento Assistido por Plantas (FB-E AP)

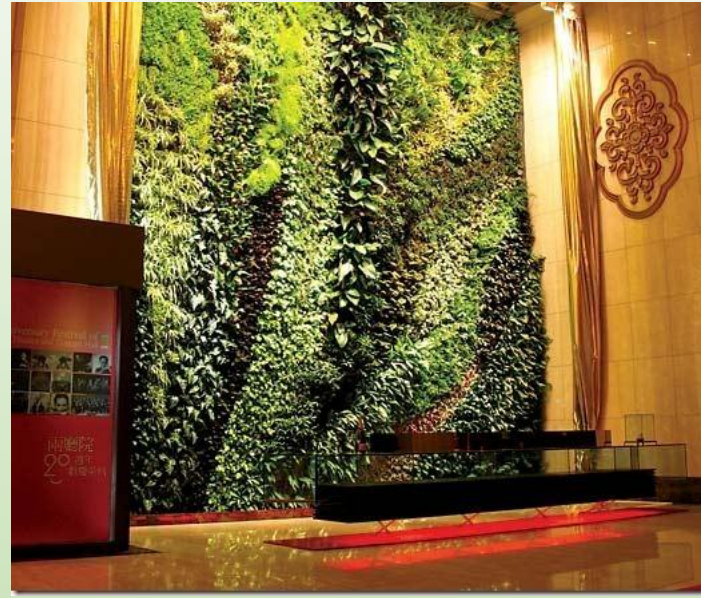
Biomuros com efeito paisagístico-decorativo

E.U.A.



<http://diyful.com/blog/vertical-gardens-part-1/>

Áustria



<http://www.livingwallart.com/category/do-it-yourself/>

Brasil



<http://www.livingwallart.com/category/do-it-yourself/>

Brasil



<http://karlasantospaisismo.blogspot.com.br/2013/07/jardim-vertical-tendencia-no-paisagismo.html>

E.U.A.



<http://diyful.com/blog/vertical-gardens-part-1/>

E.U.A.



<http://www.livingwallart.com/category/do-it-yourself/>

Áustria



<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/wels/fronius-headquarters-wels-austria>

Brasil - FAAP



<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/sao-paulo/faap>

Biofiltros como depurador do ar de interior

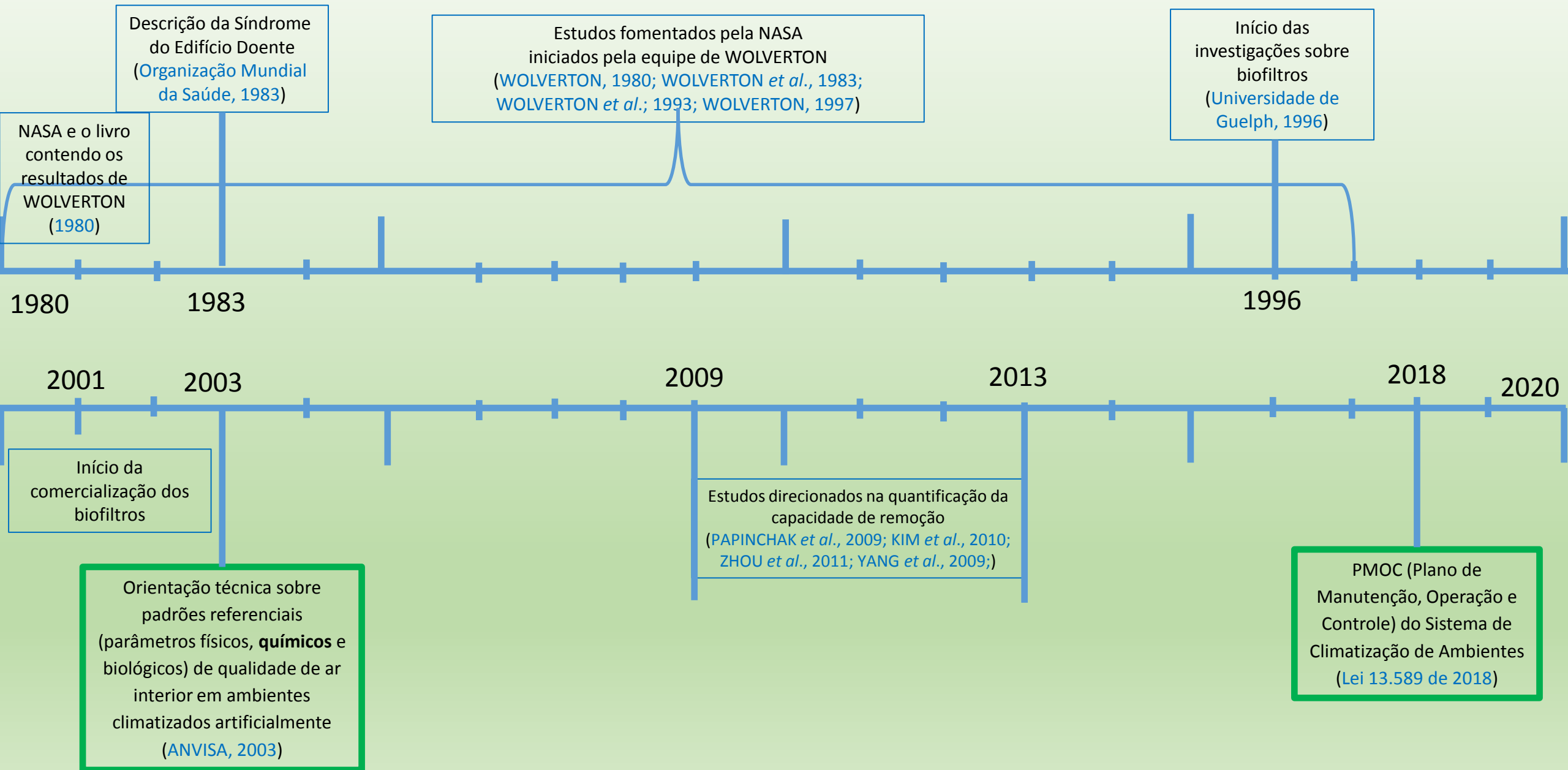
Canadá – Universidade de Guelph
Projeto de A.B. Darlington



Brasil

Demais partes do mundo

Linha do tempo: biofiltros e controle do ar de interiores



METAS:

- Estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, cujo desequilíbrio poderá causar agravos a saúde dos seus ocupantes
- Instrumentalizar as equipes profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção de ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo

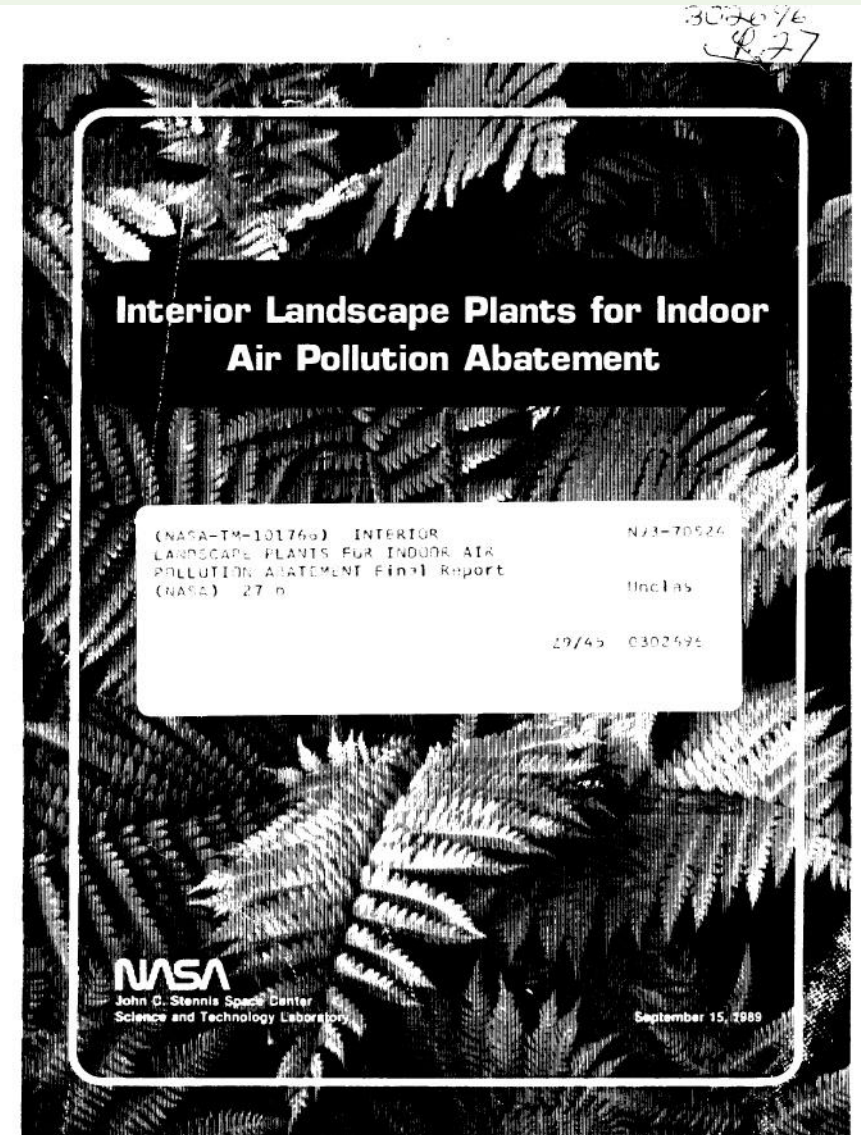
Parágrafo Único: os padrões, valores, parâmetros, normas e procedimentos necessários a garantia de boa qualidade do ar interior, inclusive de **temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação de grau de pureza**, são regulamentados pela **Resolução n° 9, de 16 de janeiro de 2003, da ANVISA**, e posteriores alterações, assim como as normas técnicas da ABNT.

(WOLVERTON, 1980)

A NASA, no *National Space Technology Laboratories*, realizou pesquisas por muitos anos usando processos naturais de purificação do ar (WOLVERTON, 1980). As pesquisas nesses laboratórios foram direcionadas ao desenvolvimento de sistemas biológicos de purificação de ar em ambientes fechados, como estações espaciais e casas “sustentáveis” (uso eficiente da energia), utilizando, para tanto, plantas domésticas que produzem folhagem abundante.

Nessa época já era conhecido que alguns compostos orgânicos voláteis (COVs), como o formaldeído, entram nas folhas através dos estômatos e das cutículas, sendo mais rapidamente absorvidos pela superfície abaxial delas. Uma vez absorvidos pelas folhas, geralmente entram no ciclo de Calvin após a oxidação enzimática do CO₂.

Sintetizando, esse COV é retirado do ambiente, metabolizado e incorporado pelas plantas. Da mesma maneira a amônia, que é tóxica em altas concentrações para os seres humanos, contém uma quantidade significativa de nitrogênio. O nitrogênio é obtido pelas plantas através da absorção da amônia pelas raízes e pelo ar.



(Organização Mundial da Saúde, WHO, 1983)

Os dados revelam que os funcionários das empresas gastam entre 80-90% do tempo de trabalho diário em ambientes confinados. Nestes ambientes a poluição do ar pode ser 10 vezes pior do que fora.

Os materiais mais comumente encontrados nestes ambientes são compostos por colas sintéticas e resinas, enquanto equipamentos elétricos nos escritórios lançam centenas de tipos de COVs. Eles afetam a saúde das pessoas podendo levá-las a desenvolver a “Síndrome dos Edifícios Doentes”, definido pelo Comitê Técnico da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1983) por um conjunto de sintomas, tais como:

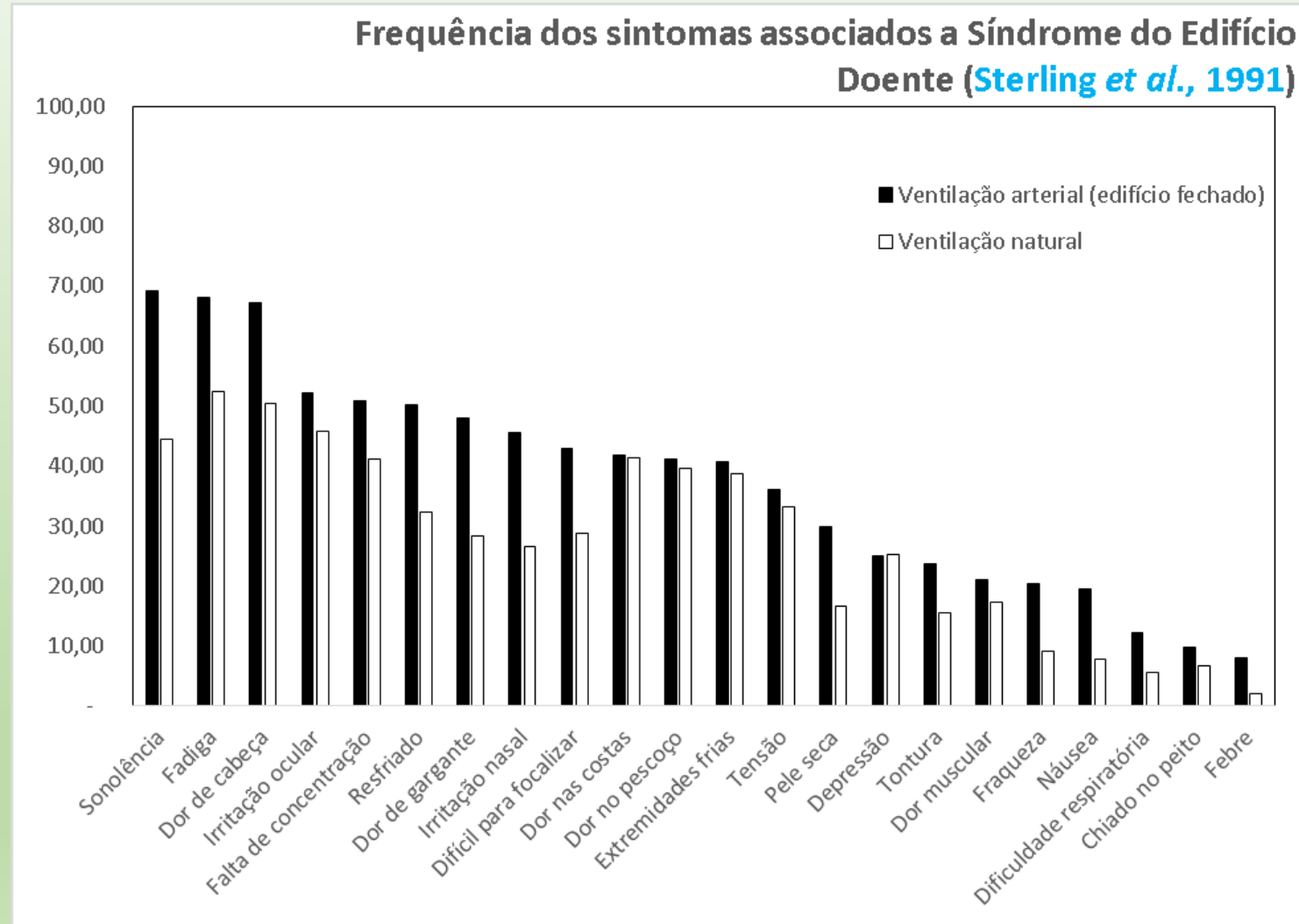
- **Dor de cabeça;**
- **Fadiga;**
- **Letargia;**
- **Prurido e ardor nos olhos;**
- **Irritação de nariz e garganta;**
- **Anormalidades cutâneas;**
- **Falta de concentração.**

Essa síndrome é, na maioria das vezes, associada à poluição do ar do ambiente de trabalho, no interior dos edifícios.

Prevalência dos sintomas associados a Síndrome do Edifício Doente

(Sterling *et al.*, 1991)

Sintoma	Ventilação arterial	Ventilação natural
Sonolência	69,20	44,50
Fadiga	68,00	52,40
Dor de cabeça	67,20	50,50
Irritação ocular	52,10	45,90
Falta de concentração	50,90	41,20
Resfriado	50,20	32,40
Dor de gargante	47,90	28,30
Irritação nasal	45,50	26,50
Difícil para focalizar	42,90	28,80
Dor nas costas	41,80	41,40
Dor no pescoço	41,20	39,50
Extremidades frias	40,70	38,80
Tensão	36,10	33,10
Pele seca	29,90	16,70
Depressão	25,10	25,20
Tontura	23,60	15,50
Dor muscular	21,10	17,20
Fraqueza	20,30	9,10
Náusea	19,40	7,80
Dificuldade respiratória	12,20	5,70
Chiado no peito	9,80	6,80
Febre	8,10	2,00



A inserção de plantas em ambientes de interior – efeitos na saúde e bem-estar

(Chen *et al.*, 2010)

Mitigação de problemas na saúde física e mental

Alguns pesquisadores verificaram que as plantas não somente, e de forma efetiva, **reduzem o mau humor e a sensação de “pressão”** sobre as pessoas, como também filtram o ar e diminuem as concentrações de COVs. Um ambiente que proporciona conforto, que seja esteticamente atrativo, com temperaturas e umidade agradáveis e seja saudável traz inúmeros benefícios na manutenção da saúde física e mental das pessoas.

Efeitos no aumento da produtividade no trabalho

Foi verificado que plantas em escritórios não somente elevam o humor positivo das pessoas e efetivamente mitigam a pressão, como também aumentam sua eficiência e produtividade, reduzindo períodos de afastamento dos trabalhadores, por doença.

Sem as plantas, o **humor negativo** é maior e a **eficiência de trabalho é menor**.

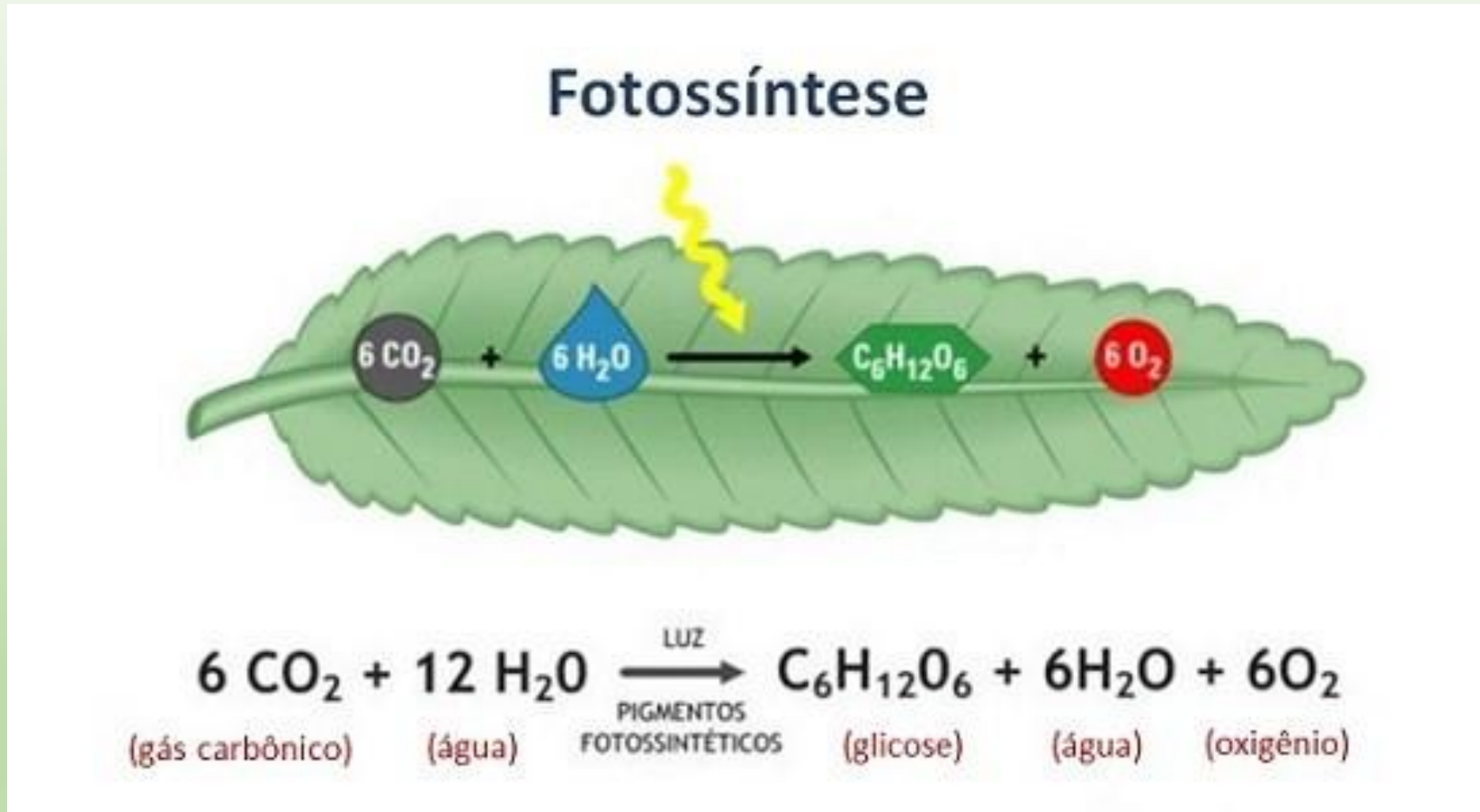
Fotossíntese: reação química fundamental das plantas e que ajudam a manter o ar interior balanceado

- Plantas domésticas melhoram a qualidade do ar porque capturam o dióxido de carbono (CO_2) e expelem o oxigênio (O_2). Humanos inalam O_2 e expelem CO_2 . Portanto, as plantas domésticas podem diminuir os níveis de CO_2 e aumentar os níveis de O_2 dentro das casas, beneficiando seus habitantes.
- A fotossíntese é um grupo de interações químicas no qual as plantas tomam a luz do sol e o CO_2 – através de suas folhas – e a água – através de suas raízes – e usam esses componentes para fabricar seu alimento.

Cada molécula de CO_2 contém 1 átomo do elemento carbono e 2 átomos do elemento oxigênio. Cada molécula de água contém 2 átomos do elemento hidrogênio e 1 átomo do elemento oxigênio.

- Durante a fotossíntese, as plantas usam a energia da luz do sol para “quebrar” as moléculas de CO_2 e de água. Elas são, então, reorganizadas em carboidratos que serão incorporados pelas plantas para sua sobrevivência.
- O O_2 extra, liberado pelas plantas na atmosfera através da fotossíntese, será usado pelas pessoas na quebra do alimento ingerido em energia. Como subproduto, os humanos exalam o CO_2 de volta à atmosfera.
- Concomitantemente a essa troca elementar e simbiótica, algumas plantas também removem outros gases tóxicos do ar, presentes no interior das casas.

Fotossíntese: reação química fundamental das plantas e que ajudam a manter o ar interior balanceado



Equação sintética da fotossíntese

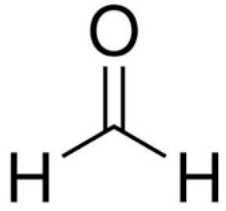
Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados

(Wolverton, 1980)

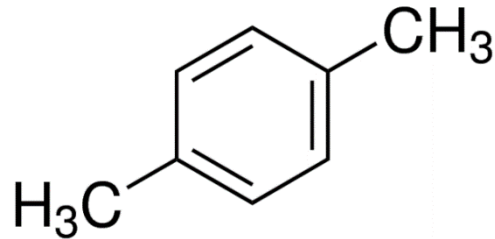
A acumulação de substâncias tóxicas gasosas no ar de locais pobremente ventilados tem sido reconhecida por muitos anos. Em 1980 o *National Research Council*, dos Estados Unidos reconheceu que essas substâncias tóxicas teriam um potencial perigo à saúde. Pelo fato do uso de **resinas e solventes serem [ainda]** muito usados em materiais encontrados nas casas modernas, a concentração de poluentes do ar interior tem aumentando ao longo dos anos. Alguns exemplos destes poluentes são:

- Formaldeído;
- Xileno;
- Tolueno;
- Benzeno;
- Amônia;
- Octano;
- Tricloroetileno;
- Álcoois;
- Acetona;
- Ozônio;
- Outros.

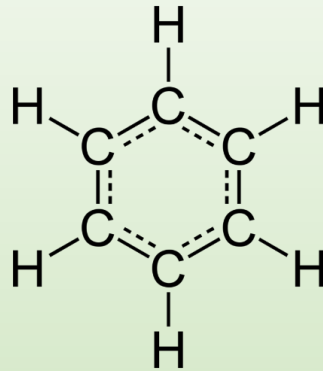
Moléculas que foram estudadas em relação a capacidade de remoção das plantas



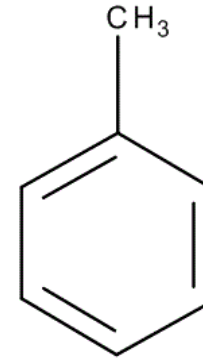
Formaldeído



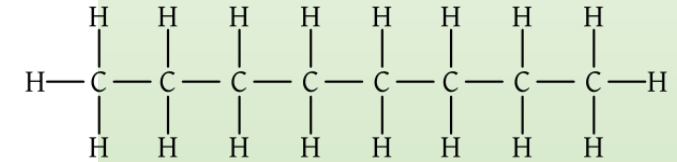
Xileno



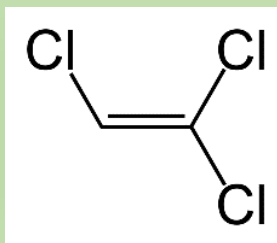
Benzeno



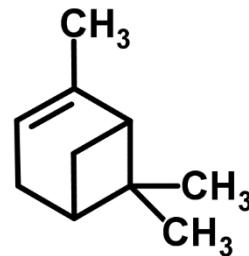
Tolueno



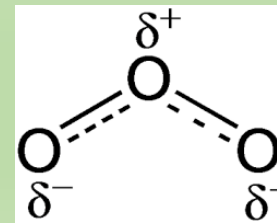
Octano



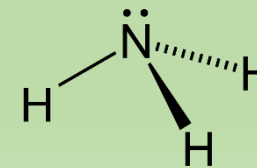
Tricloroetileno



α -pineno



Ozônio



Amônia

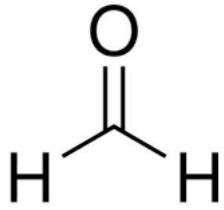
Algumas fontes de compostos químicos lançados por objetos de interiores

(WOLVERTON *et al.*, 1997; PAPINCHAK *et al.*, 2009)

Fontes	Compostos voláteis emitidos						
	Formaldeído	Xileno/tolueno	Benzeno	Amônia	Álcools	Acetona	Ozônio
Adesivos	Black	Black	Black	White	Black	White	White
Bio-efluentes	White	Black	White	Black	Black	Black	White
Carpetes	White	White	White	White	White	White	White
Compostos de calafetagem	Black	Black	Black	White	Black	White	White
Ladrilho de teto	Black	Black	Black	White	White	White	White
Produtos de limpeza	White	White	White	Black	White	White	White
Cosméticos	White	White	White	White	Black	Black	White
Tapeçaria	Black	Black	Black	White	White	White	White
Impressoras eletrofotográficas	White	Black	Black	Black	White	White	White
Impressoras a laser	White	White	White	White	White	White	Black
Tecido	Black	White	White	White	White	White	White
Tecido facial	Black	White	White	White	White	White	White
Revestimentos de chão	Black	Black	Black	White	Black	White	White
Sacos de marcenaria	Black	White	White	White	White	White	White
Removedor de esmalte de unha	White	White	White	White	White	Black	White
Corretivo (de papel)	White	White	White	White	White	White	White
Pinturas	Black	Black	Black	White	Black	White	White
Papel toalha	Black	White	White	White	White	White	White
Aglomerado e painél de aglomerado	Black	Black	Black	White	Black	White	White
Fotocópias	White	Black	Black	Black	White	White	Black
Papéis pré-impessos	White	White	White	White	White	Black	White
Tintas e vernizes	Black	Black	Black	White	Black	White	White
Estofamento	Black	White	White	White	White	White	White
Revestimento de paredes	White	Black	Black	White	Black	White	White
Luz ultravioleta	White	White	White	White	White	White	Black
Certos sistemas purificadores de ar	White	White	White	White	White	White	White

Fonte: Wolverton et al. (1997), Papinchak et al. (2009)

Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados – formaldeído (um COV)



([TSUCHIYA et al. 1985](#); [TRIKLEY, 2001](#); [PINHEIRO et al., 2004](#); [COELHO, 2009](#))

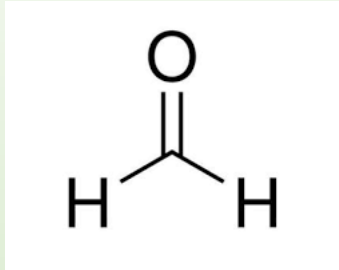
O formaldeído é o mais abundante e importante aldeído no ambiente. É caracterizado por ser um gás incolor com forte odor irritante, muito solúvel em água, produzindo um hidrato e possuindo alta reatividade química. É encontrado em residências, escritórios, hospitais, etc. É emitido por fontes primárias, como:

- Materiais de construção;
- Fabrico de móveis;
- Fabrico de tecidos;
- Fumaça de cigarro;
- Detergentes;
- Produtos desinfetantes;
- Cosméticos;
- Produtos de papel;
- Papel com brilho e fotografia a cores;
- Resinas;
- Laboratórios;
- Embalsamação.

Devido às diversas aplicações, esse composto é encontrado virtualmente em todos os ambientes interiores.

Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados – formaldeído (um COV)

([TSUCHIYA et al. 1985](#); [TRIKLEY, 2001](#); [PINHEIRO et al., 2004](#); [CASTRO, 2009](#); [COELHO, 2009](#))



Dentro de casa o formaldeído por ser liberado por:

- Forro;
- Armário;
- Cigarro;
- Ventilador;
- Chão;
- Pavimentação de superfícies inferiores;
- Computador;
- Móveis;
- Porta;
- Parede.

Toxicidade do formaldeído

O efeito na maioria das pessoas expostas a esse composto é **irritação nos olhos e no trato respiratório superior, dor de cabeça, náusea, sonolência e reações alérgicas na pele**. Em níveis de 0,05 a 0,5 ppm (partes por milhão), pode haver irritação nos olhos e a 1 ppm, irritará o nariz, a garganta e os brônquios. A *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers* recomenda um valor de 0,1 ppm como nível máximo aceitável em ambientes fechados sem prejudicar a saúde.

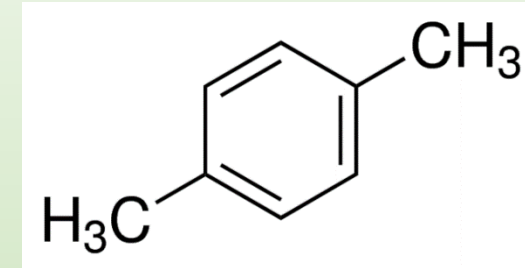
Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados – xileno (um COV)

(GOES, 1997; JUNQUEIRA, 2004)

Também conhecido como xilol, é solvente orgânico, obtido da destilação fracionada do alcatrão e hulha e por processos petroquímicos. É um hidrocarboneto aromático, líquido, inflamável, incolor, com odor característico.

O xileno é largamente utilizado como:

- Solvente para tintas, vernizes, indústria de corantes e tinturas;
- Solvente em análises laboratoriais;
- Preparos farmacêuticos;
- Indústrias de plástico;
- Produção de ácidos ftálicos;
- Produção de fibras sintéticas;
- Aditivos para combustíveis com alta octanagem (indústria de petróleo).



Toxicidade do xileno

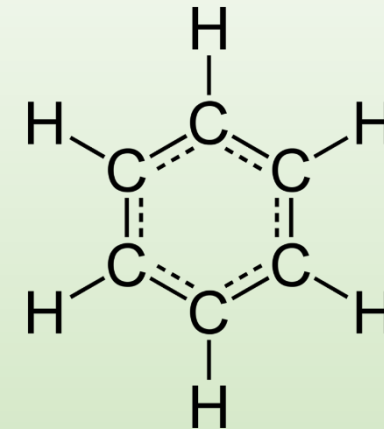
A toxicidade do xileno é detectada em **anemias**, pela **diminuição da hemoglobina e das hemáceas**. Os sintomas mais comuns à exposição excessiva aos vapores de xileno são: **fadiga, dor de cabeça, irritabilidade, fraqueza, perda de memória, distúrbios do equilíbrio e zumbido**. Pode levar ao surgimento de bronquite crônica e diminuição do volume respiratório. Podem levar a infertilidade, anomalias fetais e patologias renais em crianças cujas mães foram expostas.

Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados – benzeno (um COV)

(WOLVERTON *et al.*, 1989)

O benzeno é comumente usado como solvente e também está presente em muitos itens básicos incluindo (Wolverton *et al.*, 1989):

- Petróleo;
- Gasolina ou naftas;
- Solventes (de colas, tintas, vernizes, desengraxantes de origem de petróleo, diluidores, etc.);
- Óleos;
- Pinturas;
- Plásticos;
- Borracha;
- Águas contaminadas, solos contaminados, refrigerantes contaminados, etc
- Manufatura de detergentes;
- Manufatura de explosivos;
- Manufatura de farmacêuticos;
- Manufatura de tintura.

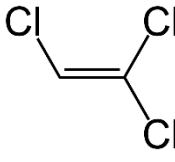


Toxicidade do benzeno

O benzeno é conhecido por **irritar os olhos**. Além disso, foi mostrado que esse composto é mutagênico em culturas celulares de bactérias e foi mostrado atividade embriotóxica e carcinogênica em alguns testes. Em 1989 já existiam evidências que o benzeno pode ser um fator contribuinte na formação de aberrações cromossômicas e leucemia em humanos. O contato repetido causa **ressecamento, inflamações, formação de bolhas e dermatites**. Inalação aguda de altos níveis de benzeno causa **tontura, fraqueza, euforia, dores de cabeça, náusea, avermelhamento nos olhos, doenças respiratórias, tremores, batimento cardíacos irregular, danos nos fígados e nos rins, paralisia e perda da consciência**. Em testes animais a inalação de benzeno leva à formação de cataratas e doenças do sistema circulatório e linfático. Exposições crônicas em níveis relativamente baixos causam dores de cabeça, perda do apetite, sonolência, nervosismo, distúrbios psicológicos e doenças no sistema sanguíneo, incluindo anemia e doenças nos ossos.

Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados – tricloroetileno (um COV)

([GRANDJEAN et al., 1955](#); [WOLVERTON et al., 1989](#))

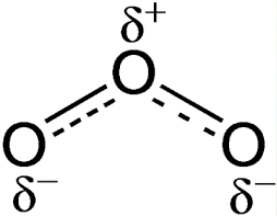


Esse composto possui elevada volatilidade (evapora facilmente), é estável na água e bastante solúvel. É aplicado principalmente:

- Solvente de limpeza;
- Desengordurante de metais.

Toxicologia do tricloroetileno

Pode causar **irritação no trato respiratório** superior, pode aumentar a **irritabilidade do miocárdio**, causar intolerância ao álcool que reflete num **avermelhamento temporário da pele**. Possui efeito anestésico mínimo e irritação podem ser observados a 200-400 ppm. Em intervalos de 1000-2000 ppm podem causar rápido adormecimento e embriaguez. Em exposições repetidas a 2500 ppm ou mais foi registrada perda auditiva em animais de laboratório. Altos níveis têm causado efeito no fígado e no rim de animais de laboratório. Foram registrados tumores em ratos expostos a altas doses, mas doses não tóxicas de tricloroetileno devem ter muito pouco ou nenhum efeito carcinogênico.



Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados - ozônio

([PAPINCHAK et al., 2009](#))

O ozônio como poluente do ar de interiores pode ser prevalente em residências e escritórios pela infiltração de ar exterior para ambientes internos. Alguns equipamentos podem emitir esse gás e contribuir para o aumento nos níveis de ozônio:

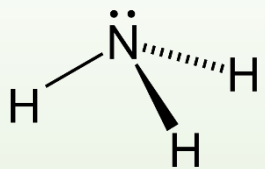
- Máquinas copiadoras;
- Impressoras a laser;
- Luz ultravioleta;
- Alguns sistemas purificadores de ar.

Certos equipamentos como fotocopiadoras podem gerar **5,2 mg/h** de ozônio e impressoras a laser, **1,2 mg/h**, mas as concentrações podem variar de equipamento para equipamento. Dependendo das taxas de trocas entre o ambiente exterior e interior, foi registrado no ar interior 10% a 50% dos valores do exterior e até 5 ou 7 vezes a concentração contaminante de ar ambiental urbano.

Toxicologia do ozônio

O principal grupo de risco à toxicidade do ozônio são os organismos nos quais a rota primária de exposição é a inalação por via aérea. A **inalação diária** de ozônio de ar interior por organismos como humanos são estimados entre 25% e 60% do ozônio total inalado. Os efeitos tóxicos do ozônio em humanos incluem as **alterações na função pulmonar** além de **paradas celulares e bioquímicas**. Exposição ao ozônio também pode causar edema pulmonar, hemorragia, inflamação e lesão extensiva no tecido pulmonar, traqueia e brônquios superiores.

Compostos químicos comumente encontrados em ambientes pobremente ventilados - amônia



Em aplicações humanas, o amoníaco é usado:

- como componente de vários produtos de limpeza atuando como saponificante (como nas marcas Veja, Ajax, Fúria);
- em fertilizantes;
- em adubos;
- na fabricação de explosivos;
- na fabricação de borracha e lubrificantes;
- em cerâmica;
- na refrigeração.

Os adubos compostos fazem uso de fósforo, potássio e azoto, sendo esse último advindo da amônia. As plantas absorvem com muita facilidade, sendo um nutriente importante no fornecimento de nitrogênio.

Toxicidade de amônia

A presença de amoníaco e de compostos de amônio é comum em produtos de limpeza. Já foi classificado dentre os 10 mais perigosos produtos de uso doméstico.

Por evaporar facilmente, ao ser inalado pode provocar efeitos tóxicos à saúde, **atuando nas mucosas e interrompendo a respiração e impedindo a visão**, mesmo em **baixas concentrações**. Ainda pode causar **queimadura e asfixia**. No ambiente pode causar risco de intoxicação por contaminação hídrica e atmosférica e causar a queima das plantas por desidratação.

Quando inalado excessivamente, pode causar palidez, frio nas extremidades do corpo, pulso rápido e fraco, paralisia muscular, alterações no ritmo e profundidade da respiração, náuseas, vômitos, dor de cabeça, dor na garganta e na parte superior do abdômen, dispneia e tosse. Em contato com o corpo provoca irritação e queimaduras da pele e mucosas, opacidade da córnea e do cristalino.

Alguns resultados da capacidade depurativa de plantas

(WOLVERTON *et al.*, 1983)

(WOLVERTON *et al.*, 1993)

(PAPINCHAK *et al.*, 1997)

(KIM *et al.*, 2010)

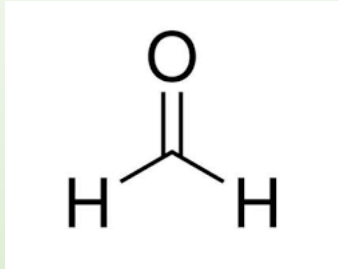
(YANG *et al.*, 2010)

(ZHOU *et al.*, 2011)

(PEREIRA, 2015)

Plantas de interiores com capacidade depurativa - formaldeído

([WOLVERTON et al., 1983](#))

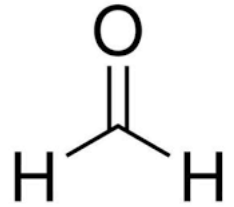


Nos estudos iniciados por [Wolverton et al. \(1983\)](#) as plantas *Chlorophytum elatum* var. *vittatum* (conhecida no Brasil como planta-aranha, gravatinha), *Epipremnum pinnatum* (no Brasil conhecida por jibóia ou era-do-diabo) e a *Syngonium angustatum* (no Brasil, singônio), que necessitam de baixa quantidade de luz, foram testadas em experimentos controlados para conhecer a eficiência de purificar ambientes com altas concentrações de formaldeído.

Formaldeído capturado ao longo de 24 hrs por três diferentes espécies de plantas (Wolverton et al., 1983)

Nome original	Nome comum (Brasil)	Nome científico usado por Wolverton & Wolverton, 1983	Nome científico atualizado (2012)	Formaldeído (ppm)			Temperatura
				Início	6 hrs	24 hrs	
Golden pothos	Jibóia, erva-do-diabo	<i>Syndapsus aureum</i>	<i>Epipremnum pinnatum</i>	18	9	6	29,2
Fivefingers	Singônio	<i>Syngonium podophyllum</i>	<i>Syngonium angustatum</i>	18	9	6	27,8
White stripe spider plant, single mother	Clorofito, planta-aranha, gravatinha	<i>Chlorophytum elatum</i> (grupo 1)	<i>Chlorophytum comosum</i>	14	2	<2	26,3
White stripe spider plant, single mother	Clorofito, planta-aranha, gravatinha	<i>Chlorophytum elatum</i> (grupo 2)	<i>Chlorophytum comosum</i>	34	8	<2	23,8

([KIM et al., 2010](#))



Estudo de eficiência na remoção de formaldeído dentre plantas lenhosas, herbáceas, nativas das Coréia, samambaias e ervas

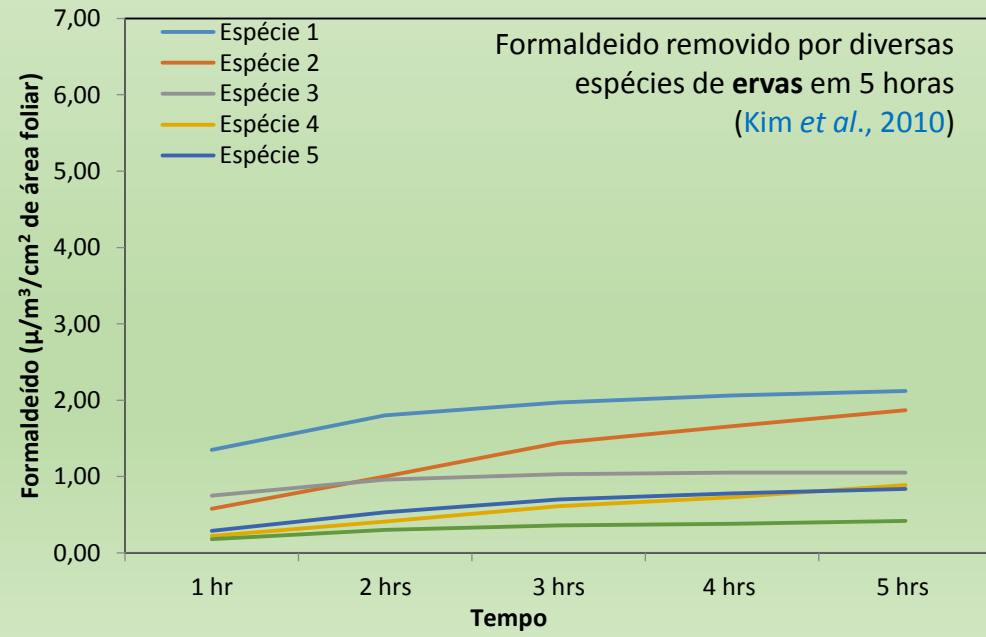
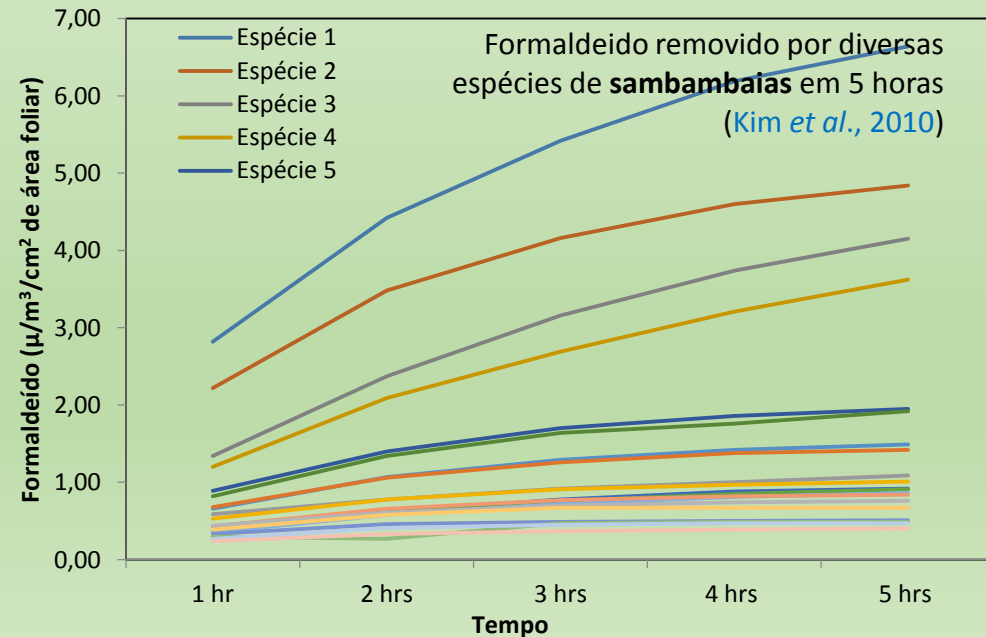
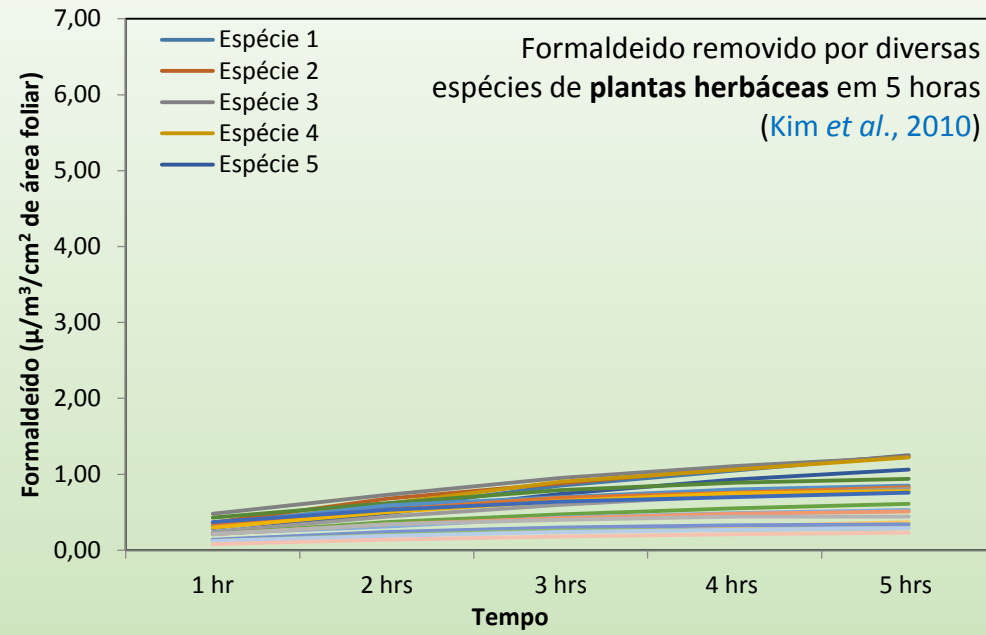
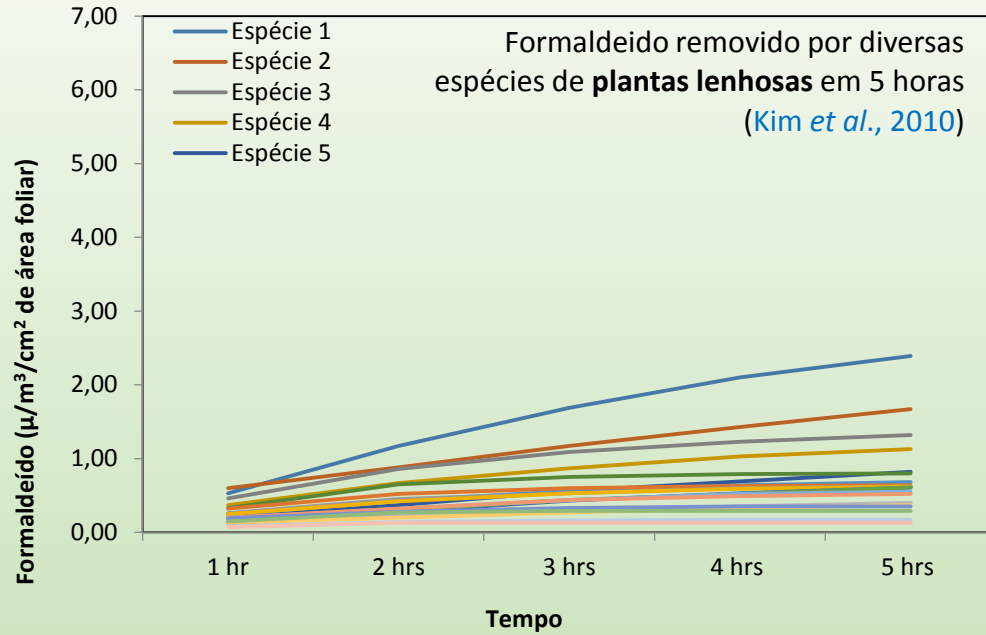
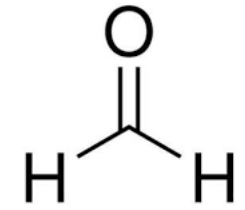
[Kim et al. \(2010\)](#) no *National Institute of Horticultural and Herbal Science*, da Coréia, testaram 86 espécies de plantas, separadas em 5 grupos: plantas lenhosas, plantas herbáceas, plantas nativas da Coréia, samambaias e ervas. Cada espécie teve mensurada sua altura média (cm), sua área foliar média (cm²) e seu peso seco (g/vaso).

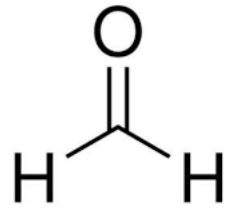
De posse da quantidade de formaldeído retirado por cada planta dentro de cada grupo, foi possível montar quatro gráficos representando os grupos das plantas lenhosas, plantas herbáceas, samambaias e ervas.

O grupo que apresentou espécies mais eficientes em capturar formaldeído foi o das samambaias, seguido das plantas lenhosas, ervas e plantas herbáceas. Portanto, com esse resultado, recomenda-se o enriquecimento de samambaias no ambiente, no entanto, a capacidade depurativa deve ser analisada conforme a espécie.

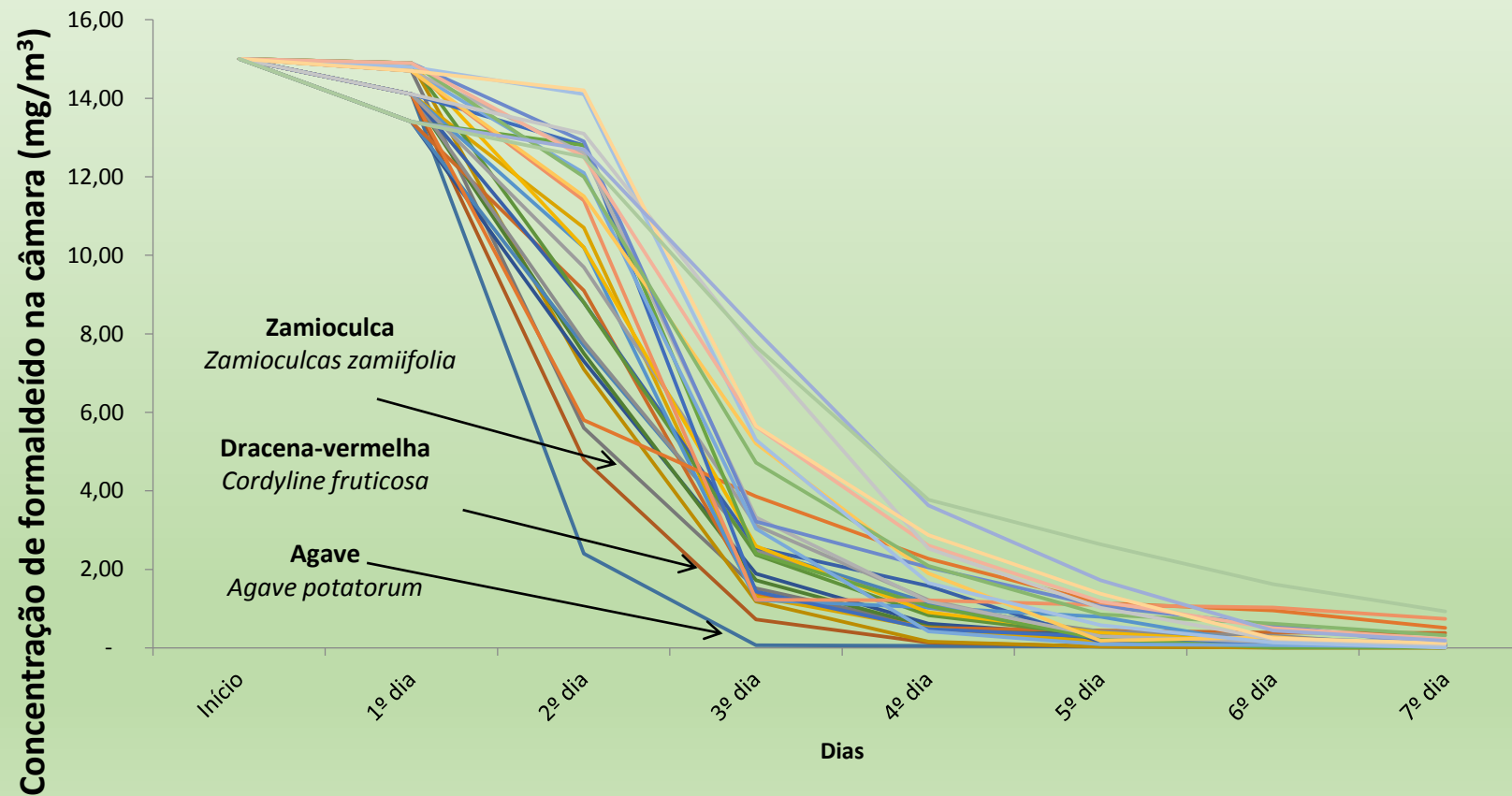
Plantas de interiores com capacidade depurativa - formaldeído

(KIM *et al.*, 2010)

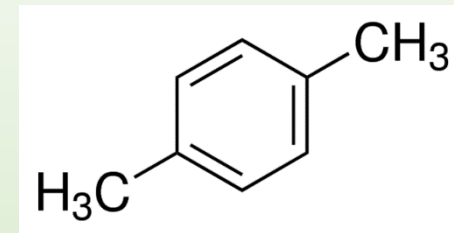




Formaldeído capturado ao longo de 7 dias por 30 espécies de plantas (Zhou *et al.*, 2011)



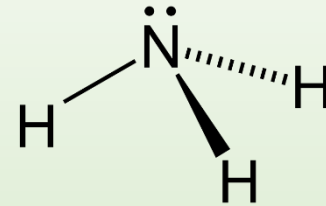
([WOLVERTON et al., 1993](#))



Ainda [Wolverton et al. \(1993\)](#) testaram diversas espécies de plantas quanto a capacidade em capturar xileno. As cinco espécies mais eficientes foram:

- Tamareira-anã (*Pheonix roebelenii*)
- Comigo-ninguém-pode variedade Camille (*Dieffenbrachia camille* ou *D. maculata* var. *Camille*)
- Dracena-de-Madagascar (*Dracaena marginata* ou *D. coccinou*)
- Comigo-ninguém-pode (*Dieffenbrachia maculata*)
- *Homalomena sp.*

(WOLVERTON *et al.*, 1993)



As plantas consomem bastante amônia. Os solos devem ser adubados com amônia, pois ela é uma fonte bastante rica em nitrogênio e facilmente assimilada pelas raízes. Porém, nesses resultados, pode-se verificar que as plantas também capturam amônia através de suas folhas.

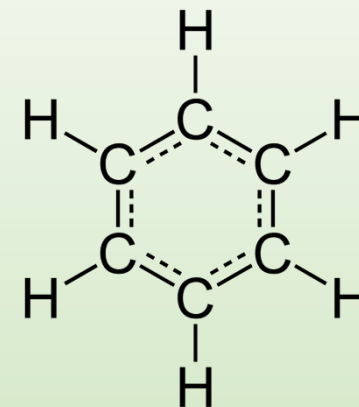
Amônia capturado em 1 hr de exposição por diversas espécies de plantas (Wolverton *et al.*, 1993)

Nome científico usado por Wolverton & Wolverton, 1993	Nome científico atualizado (2012)	microgramas (µm) removidos em 1 hr	Temperatura (Celsius)	Tamanho do vaso (cm)
<i>Rhapis excelsa</i>		7356	24,10	25,40
<i>Homalomena sp.</i>		5208	24,30	20,30
<i>Liriope spicata</i>		4308	26,40	15,20
<i>Anthurim andraeanum</i>		4119	24,50	25,40
<i>Chrysanthemum morifolium</i>		3641	26,50	15,20
<i>Calathea ornata</i>		3100	26,20	20,30
<i>Tulipa sp. "Yellow Present"</i>		2815	26,70	15,20
<i>Chamaedorea elegans</i>		2453	25,80	16,50
<i>Ficus benjamina</i>		1480	24,40	15,20
<i>Spathiphyllum sp. 'Clevelandii'</i>	<i>Spathiphyllum clevelandii</i>	1269	24,10	15,20
<i>Rhododendron indicum</i>		984	23,30	15,20

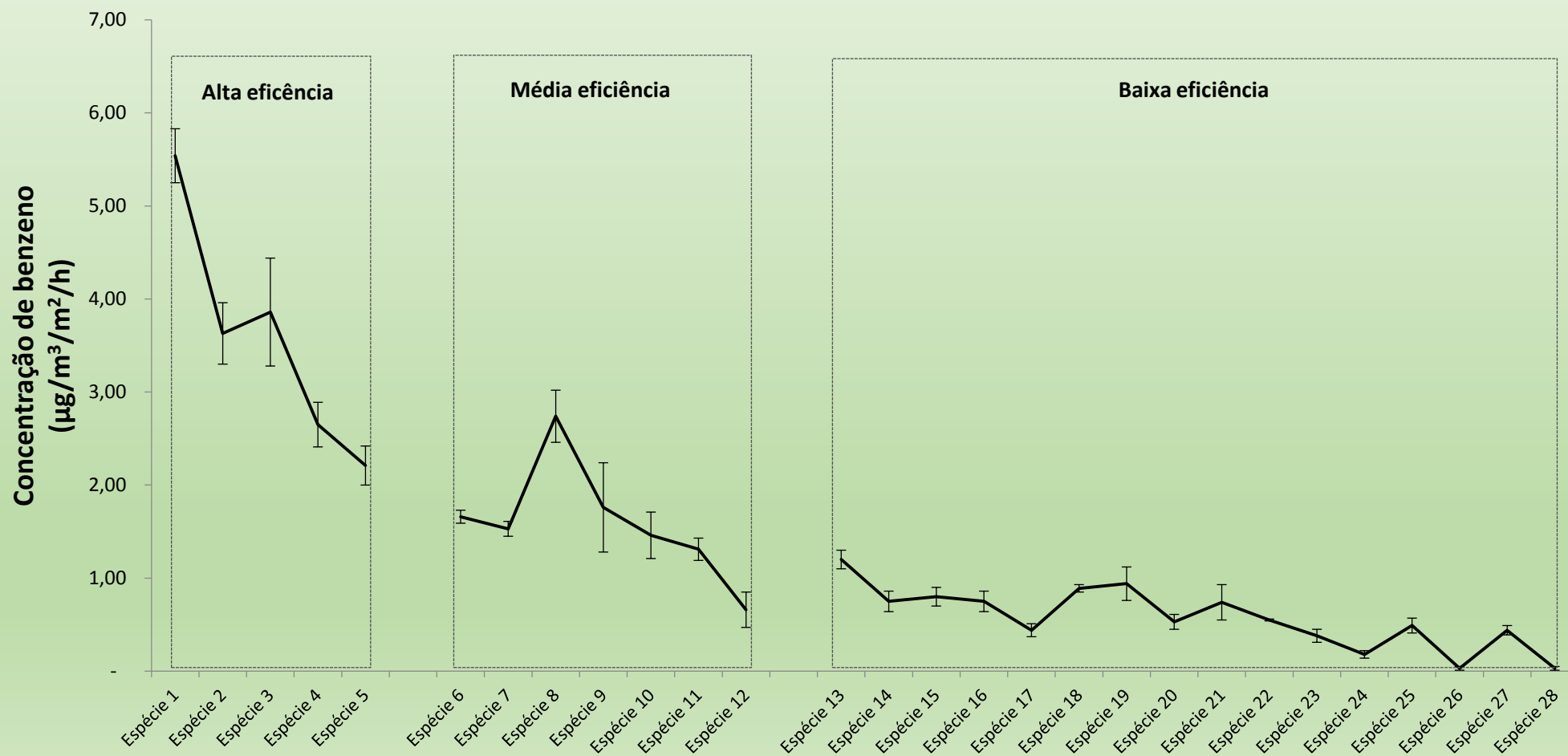
Benzeno
Tolueno
Octano
Tricloroetileno
Alfa-pineno

Plantas de interiores com capacidade depurativa - benzeno

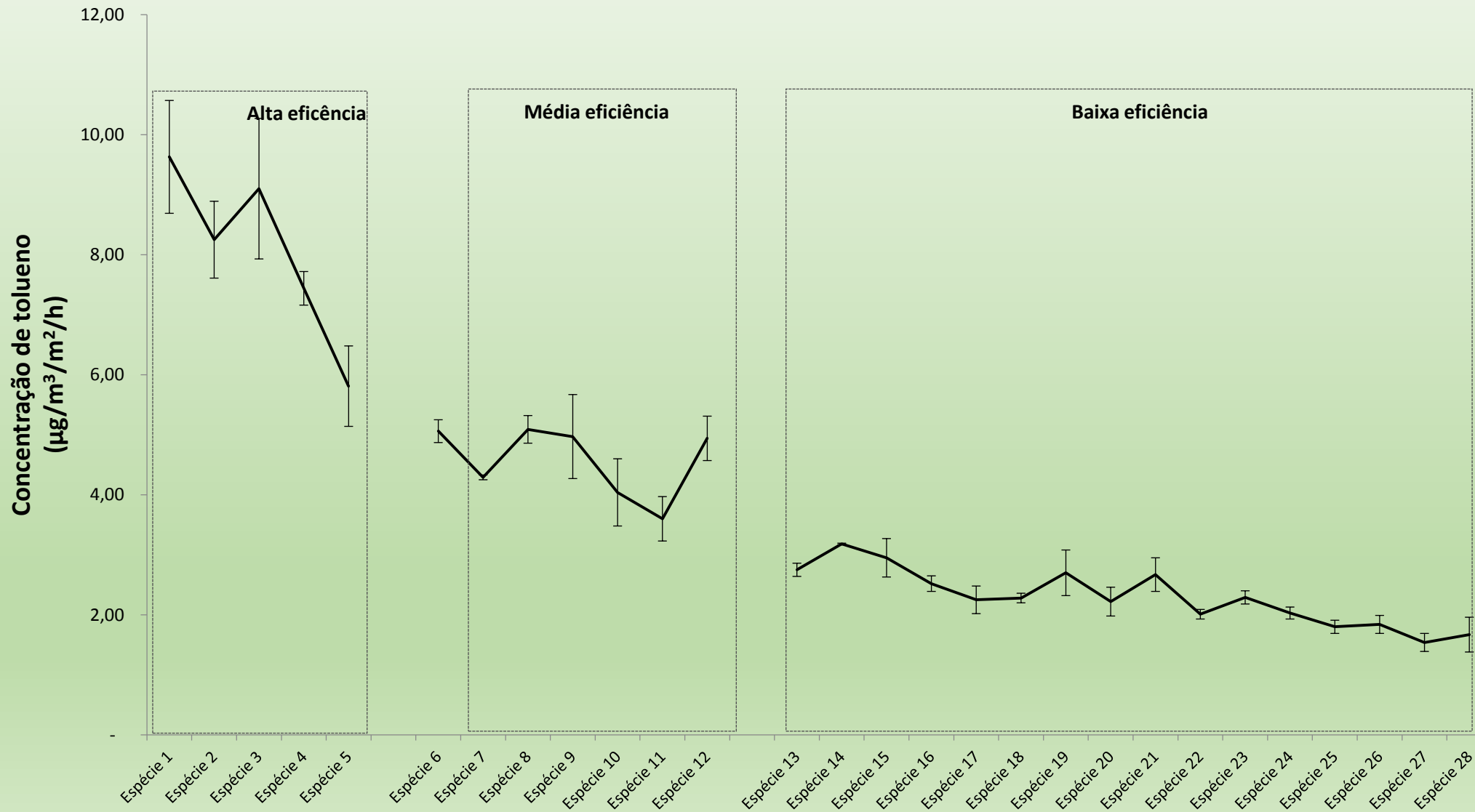
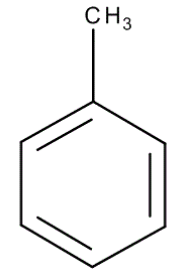
([YANG et al., 2010](#))



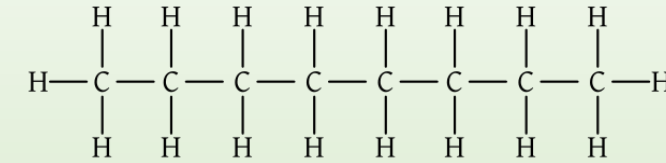
Eficiência de remoção de benzeno (por hora)



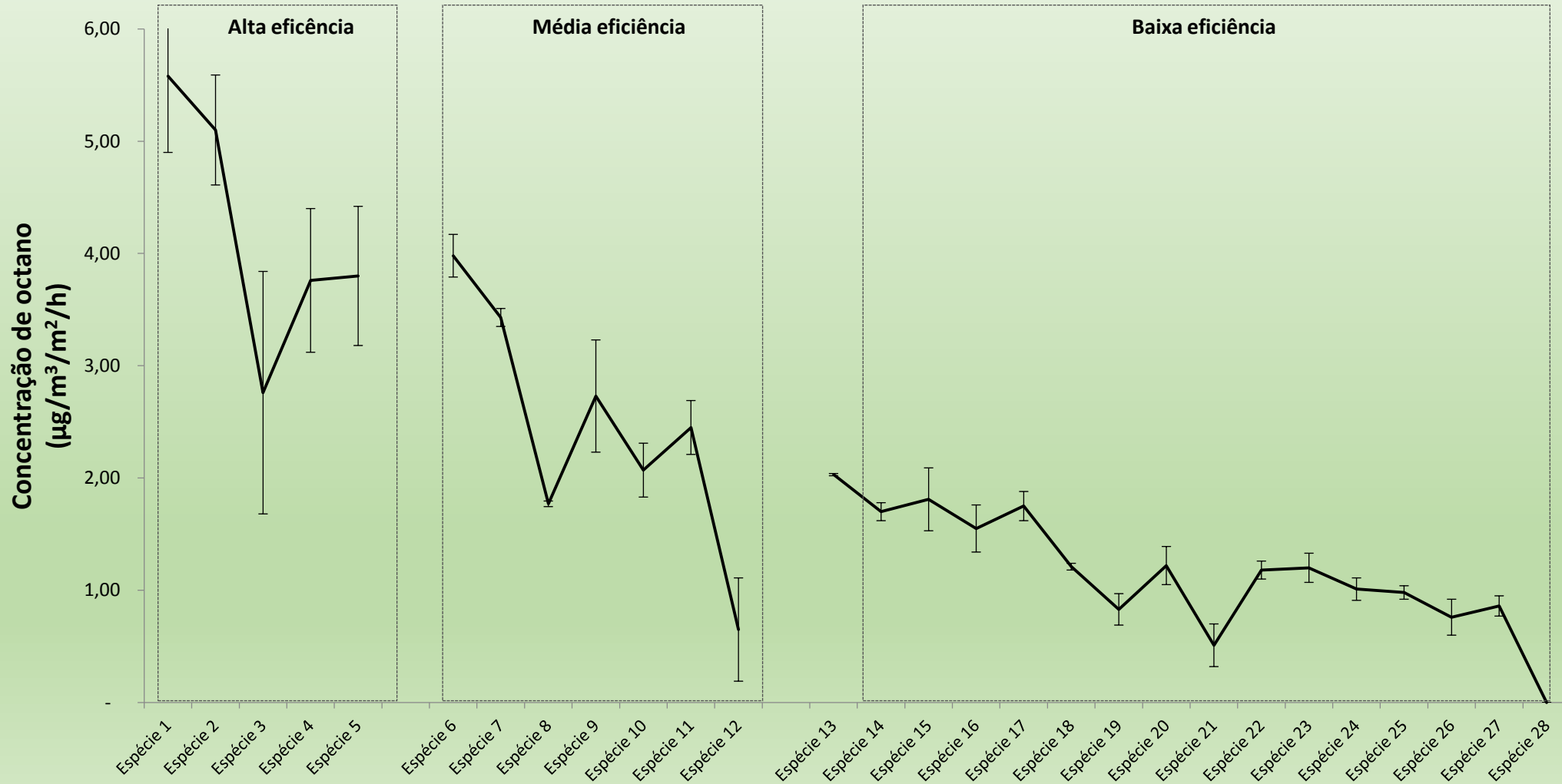
Eficiência de remoção de tolueno (por hora)

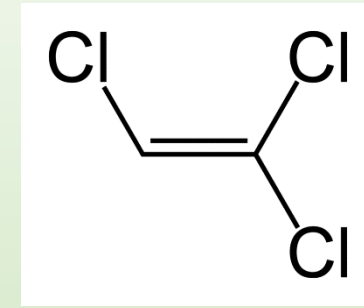


(YANG *et al.*, 2010)

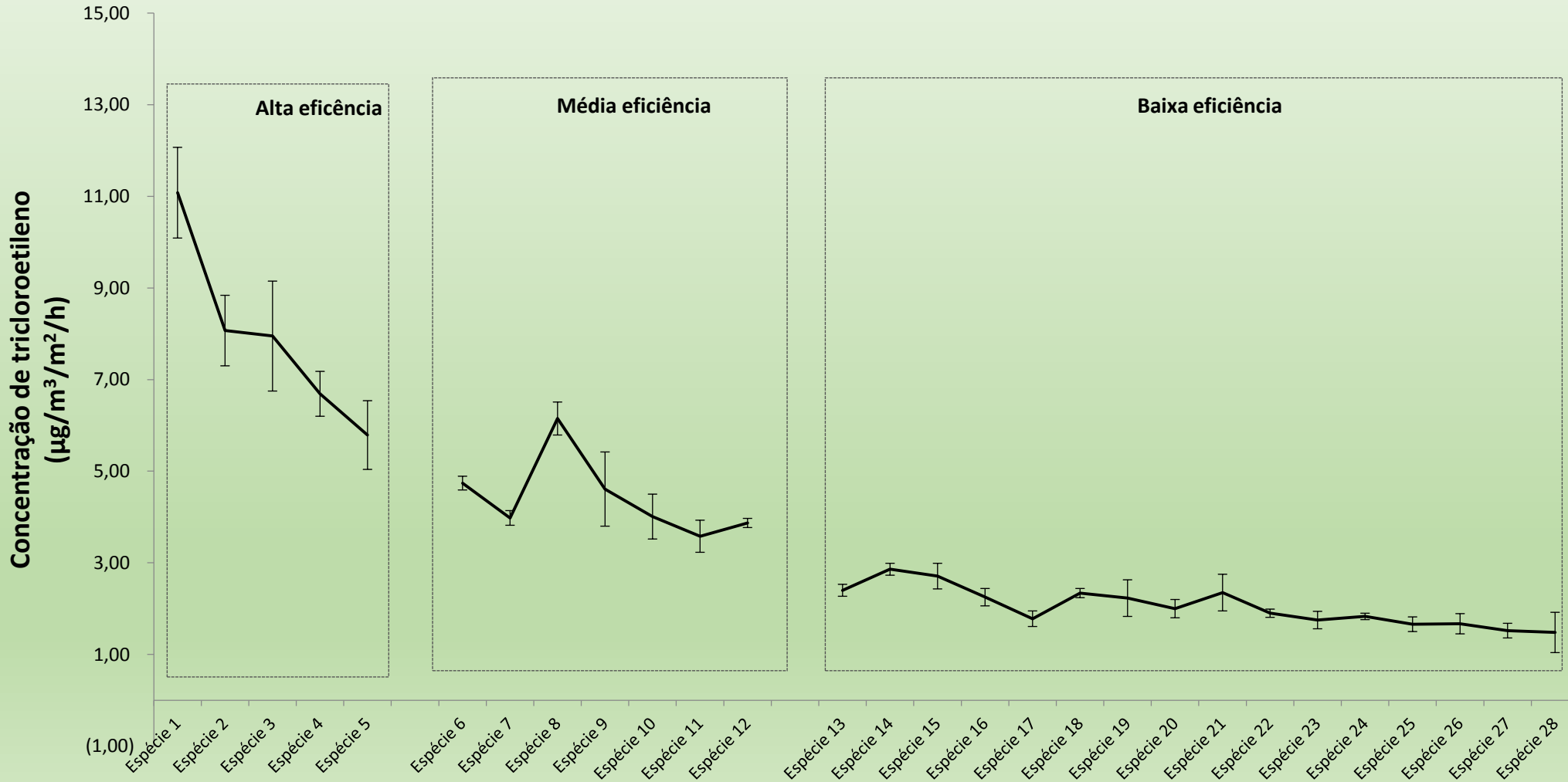


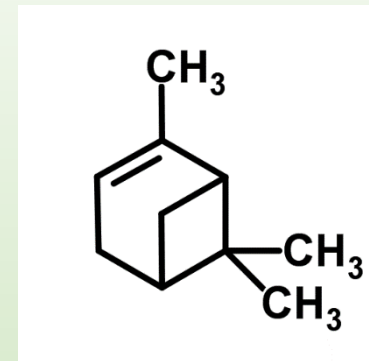
Eficiência de remoção de octano (por hora)



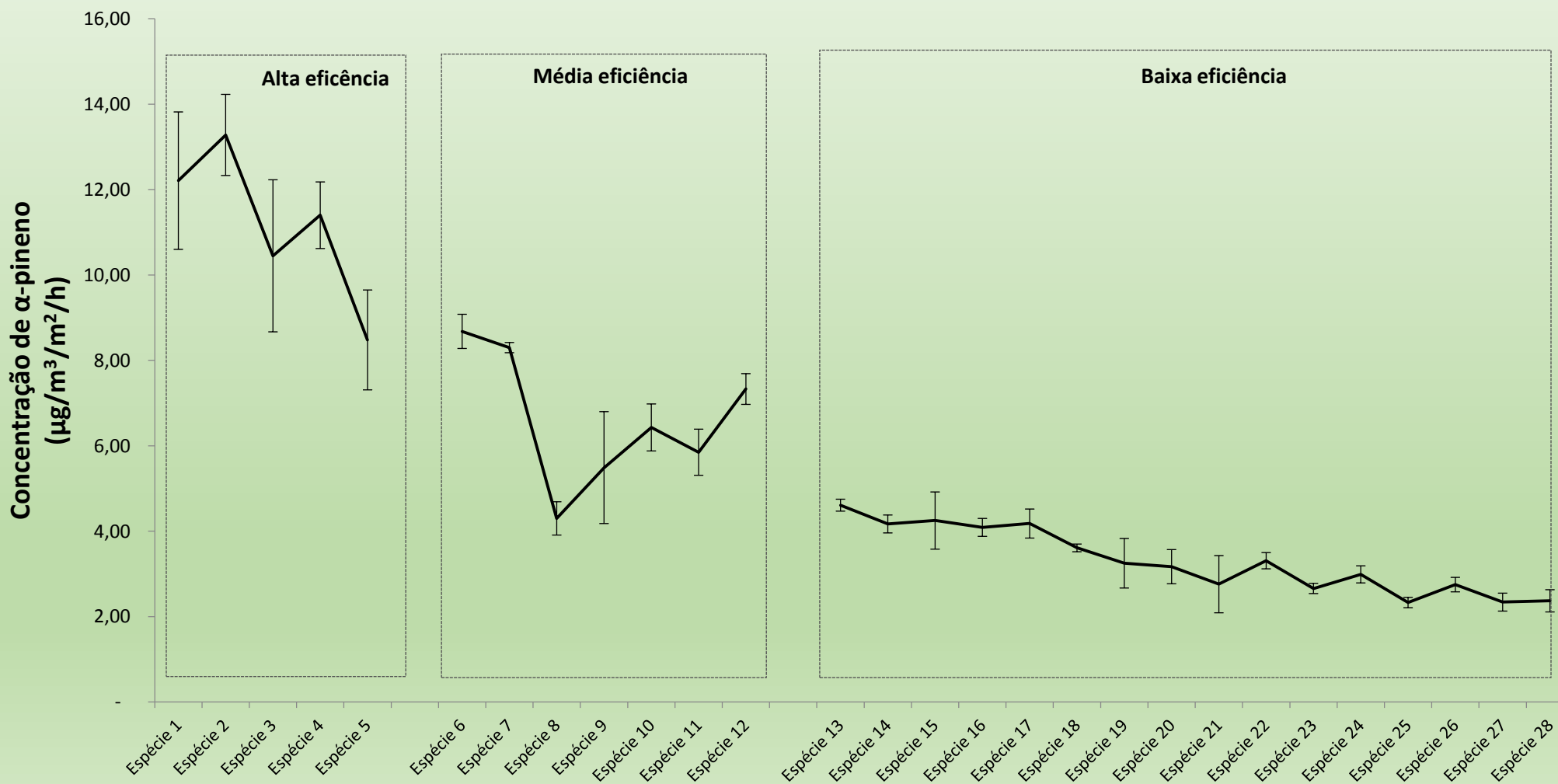


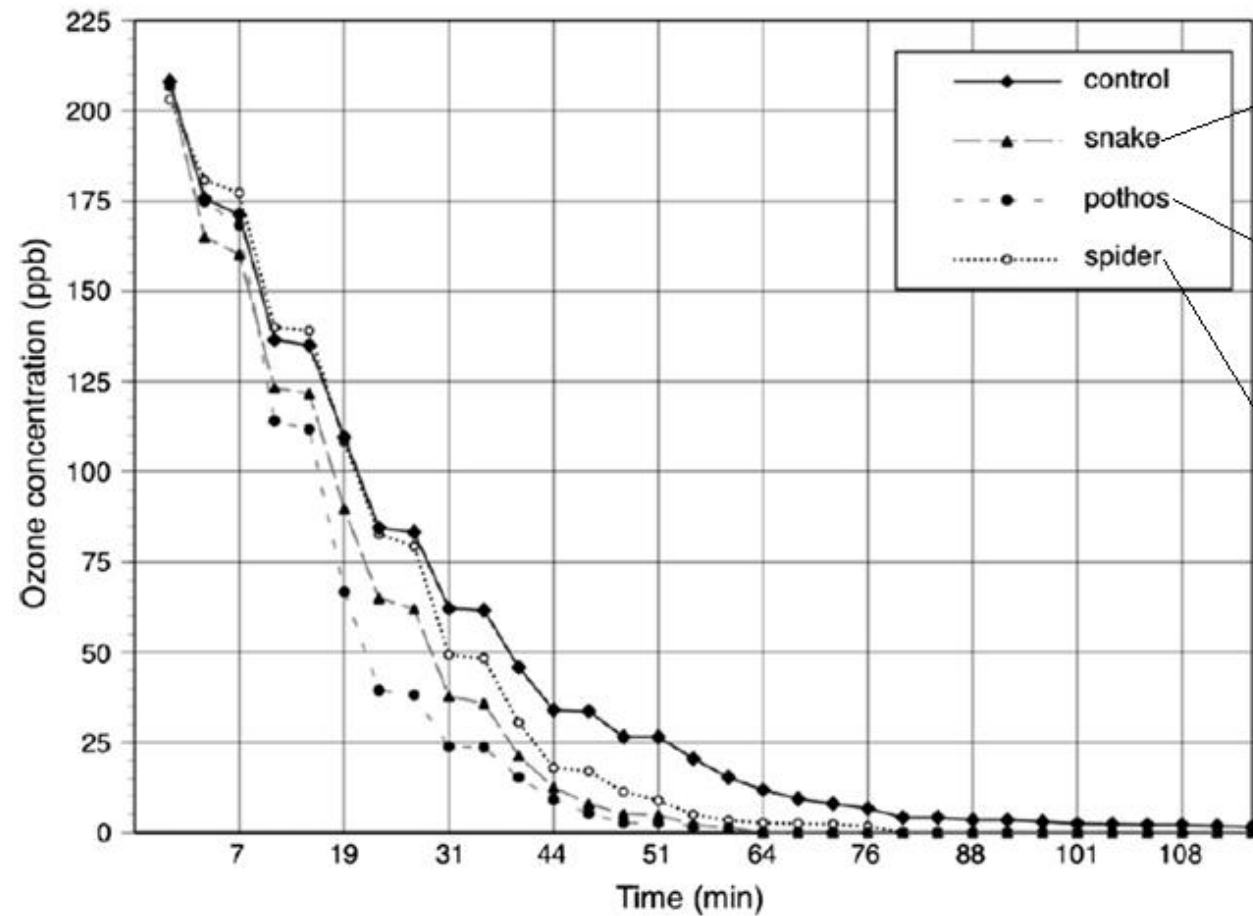
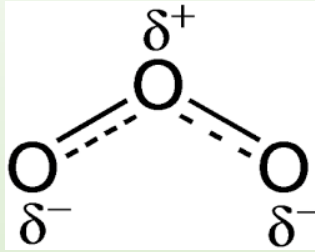
Eficiência de remoção de tricloroetileno (por hora)





Eficiência de remoção de α -pineno (por hora)





Espada-de-São-Jorge

Jibóia-dourada

Gravatinha

Ao classificar as melhores plantas de interior, [Wolverton et al. \(1997\)](#) levou em conta outros aspectos como:

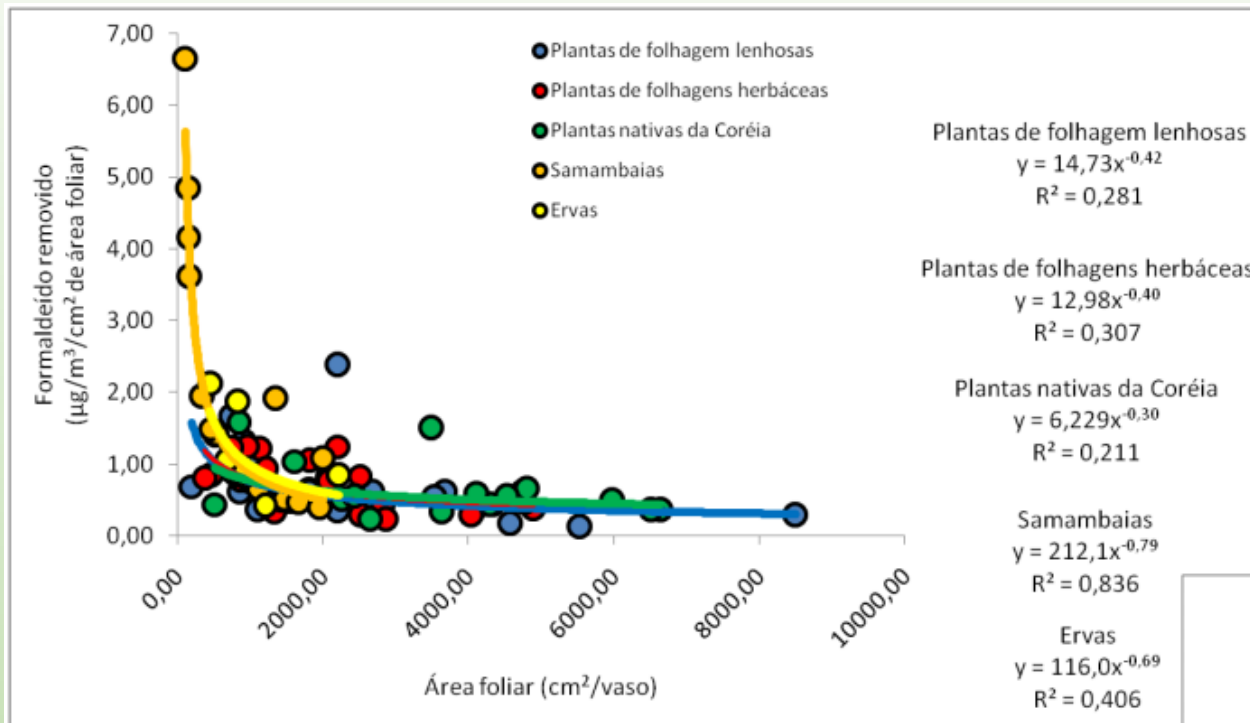
- I - a habilidade de limpar o ar;
- II - a facilidade de crescer e de mantê-las;
- III - a resistência às pragas;
- IV - a taxa de evaporação de água.

A beleza é uma característica subjetiva e fica por conta daquele que fará a opção de escolha. Essas quatro opções foram pontuadas de 0 a 10. Depois foi dado um score (V) de 0 a 10, onde as plantas foram classificadas.

O resultado é uma lista das 50 melhores espécies de plantas indicadas para ambiente de interior.

A capacidade de remoção de formaldeído está intimamente conectada com atributos fisiológicos

(PEREIRA, 2013)



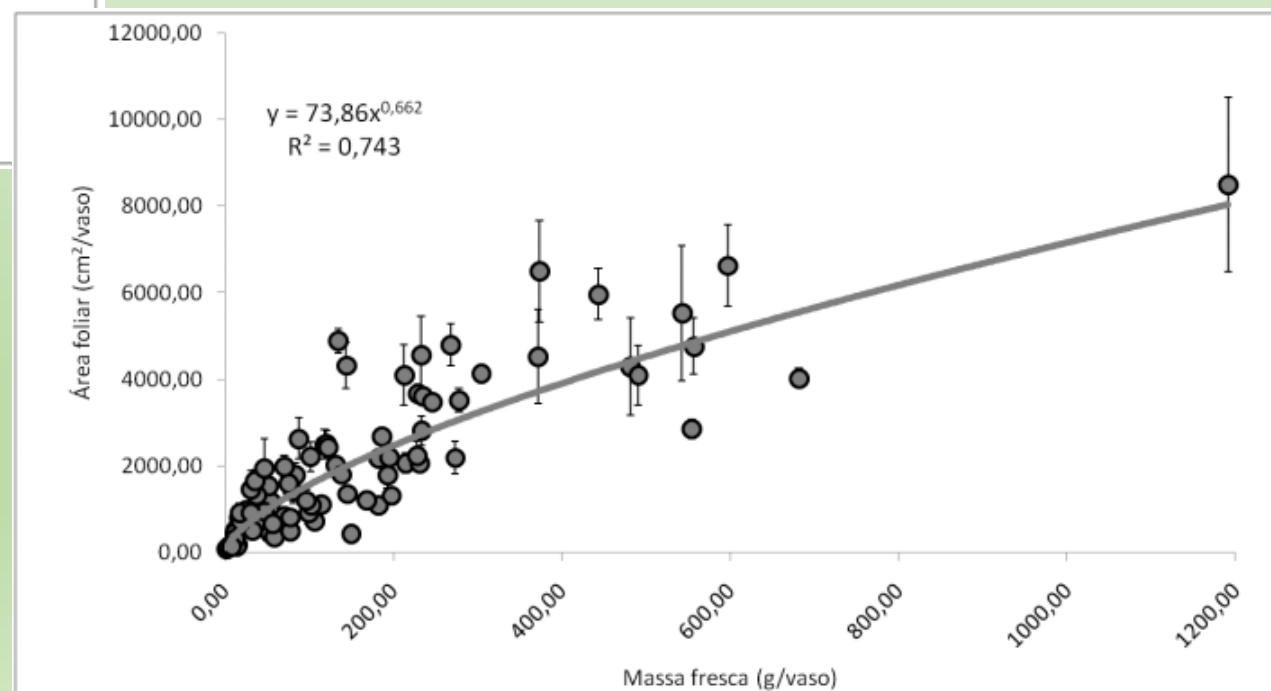
$$DF = aAF^b$$

Lei de escala

Relação área foliar (AF)

X

Depuração de Formaldeído (DF)

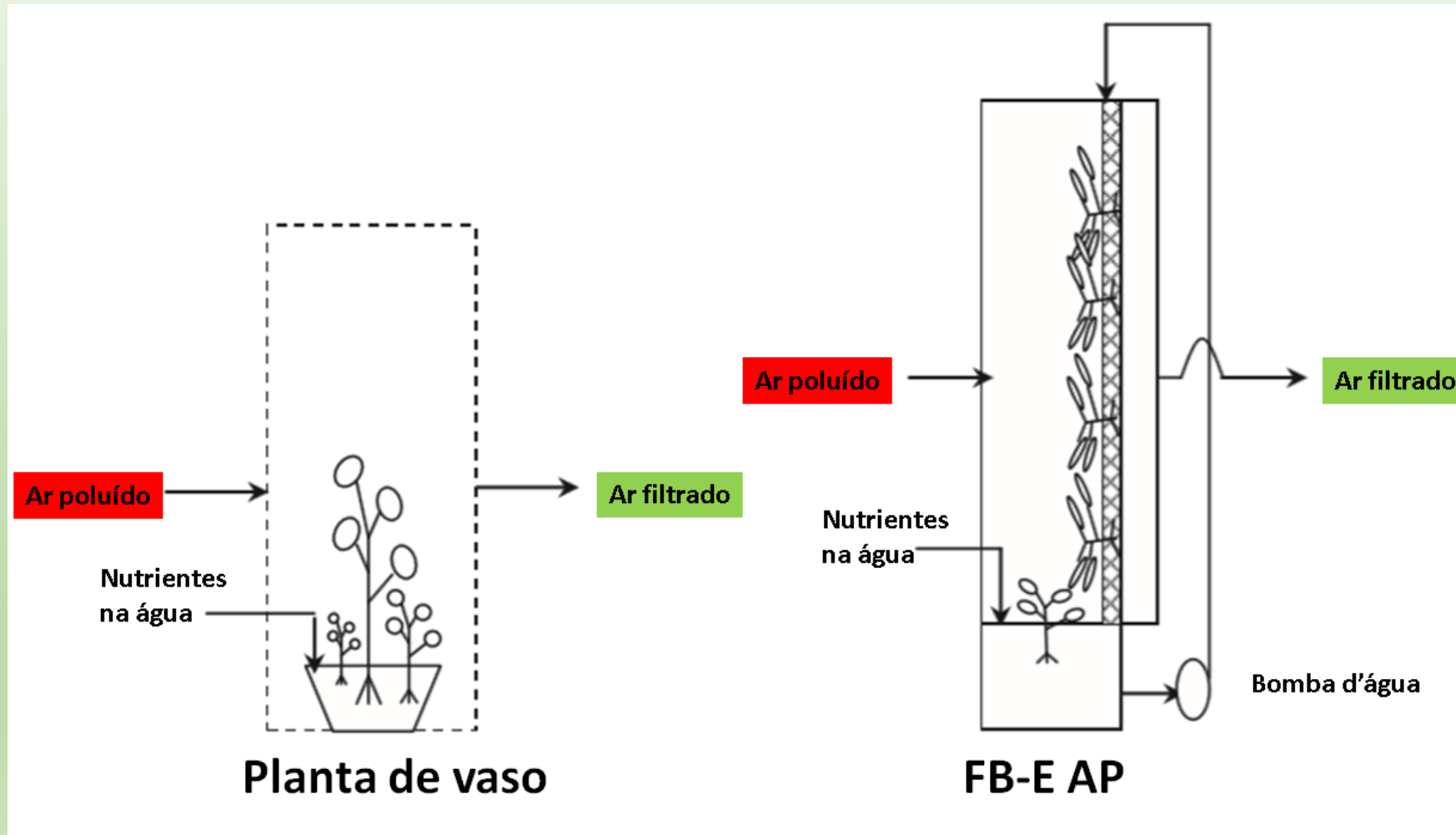


Aplicação
convencional

X

FB-EAP

Modelo conceitual - comparativo



Sistema do biofiltro:

- O ar contaminado passa pela parede de plantas;
- Os micróbios nas raízes das plantas usam os COVs e outros contaminantes como fonte de alimento;
- Do outro lado das plantas, uma bomba circula constantemente a água do reservatório na base;
- O ar passa da área que é desenhada pelo muro de planta usando ventiladores no sistema;
- O ar é então recirculado no espaço e pelo resto da construção.

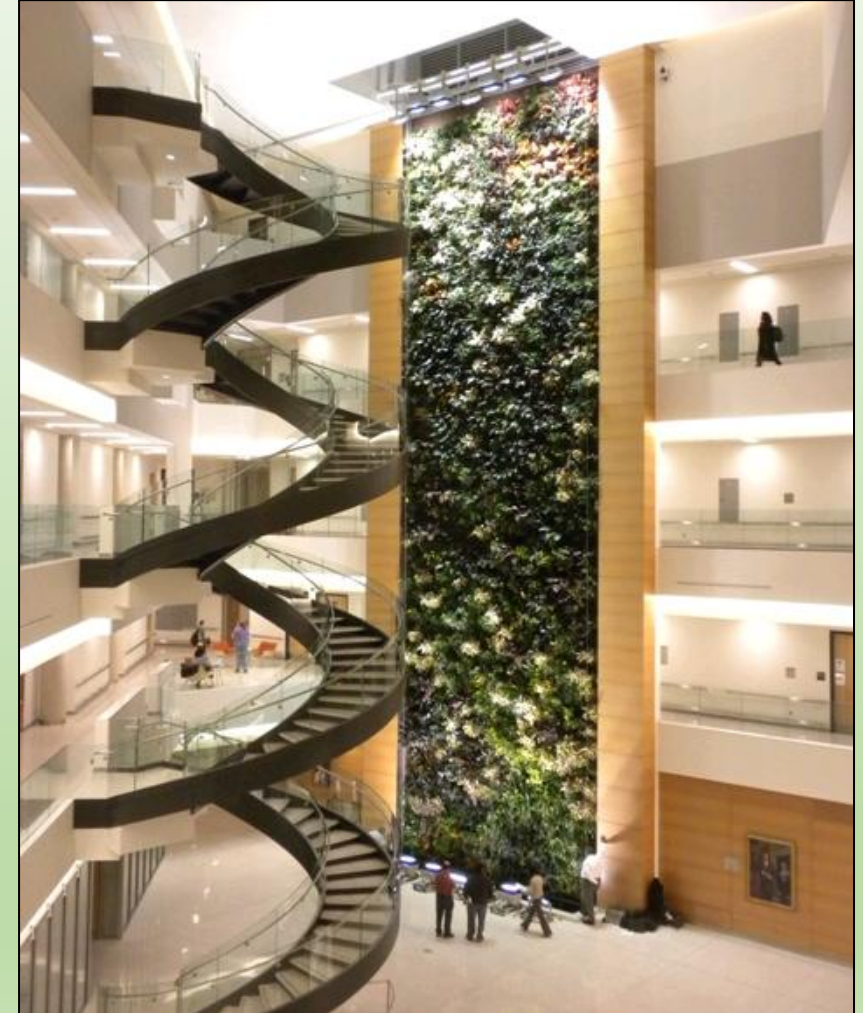


Limitações:

- Necessitam manutenção regular, o que pode ser relativamente custoso;
- Requerem cuidados para as plantas não morrerem;
- Consiste de vários componentes biológicos complexos;
- Não é fácil alterar algum componente do sistema;
- Pode ser ajustável pelo controle de fluxo da água do biofiltro;
- Pode somente focar uma parte particular da qualidade do ar;
- ~~• Não pode ser usado em regiões climáticas com variação extrema de temperatura;~~
- O muro deve ter acesso à luz natural ou deve-se instalar iluminação especial;
- O gerenciamento das edificações deve ser familiar com esse sistema particular.

Vantagens do biofiltro:

- Usado para manter a qualidade do ar;
- Podem remover entre 60-90% dos poluentes em um único ciclo;
- Reduzem as concentrações de poluentes totais no ambiente em mais de 25%;
- Removem compostos químicos voláteis perigosos (COVs);
- Uso decorativo.



OBRIGADO!

E-mail: william_roberto_luiz@hotmail.com

Referências Bibliográficas:

ANVISA (**RE/AVISA N°9, 16 de janeiro de 2003**). Referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

CHEN, H-S.; HSU, S-Y.; CHANG T-L.; YANG, S-L. 2010. Aplying DEAand Taguchi methods in plant selection and optimal layout to increase commerce management environment quality. African Journal of Business Management. 4: (18): 4079-4085.

COELHO, M. C. S. D. N. 2009. O formaldeído em ambiente laboral: determinação do ácido fórmico em urina de trabalhadores de uma fábrica produtora de formaldeído. Dissertação de Mestrado em Toxicologia Analítica, Clínica e Forense, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto.

GRANDJEAN, E.; MÜNCHINGER, R.; TURRIAN, V.; HAAS, P. A.; KNOEPFEL, H. K. & ROSEMUND, H. 1955. Investigations into the effects of exposure to trichloroethylene in mechanical engineering. Brit. J. Industr. Med, 12: 131-142.

GOES, R. C. 1997. **Toxicologia industrial**. Ed. Revinter Ltda, Rio de Janeiro.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. L. **Histologia Básica**. 10ª edição, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2004.

KIM, K. J.; JEONG, M.; LEE, D. W.; SONG, J. S.; KIM, H. D.; YOO, E. H.; JEONG, S. J. & HAN, S. W. 2010. Variation in formaldehyde removal efficiency among indoor plant species. Hortscience, 45(10): 1489-1495.

LEI N° 13.589, DE 4 DE JANEIRO DE 2018. EMENTA: Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de ambientes.

PAPINCHAK, H. L.; HOLCOMB, E. J.; BEST, T. O. & DECOTEAU, D. R. 2009. Effectiveness of houseplants in reducing the indoor air pollutant ozone. HortTechnology, 19: 286-290.

STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMEL, D. 1991. A epidemiologia dos “edifícios doentes”. Rev. Saúde Pub., S. Paulo, 25(1): 56-63.

TRINKLEY, M. 2001. Considerações sobre preservação na construção e reforma de bibliotecas: planejamento para preservação. Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos. 2ª edição. Rio de Janeiro.

PEREIRA,W. R. L. S. 2013. Aplicação da teoria das alometrias na elucidação e quantificação da capacidade das plantas em remover formaldeído de ambientes fechados. RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, v. 6, n. 3, p. 30-46, Out. 2013.

PINHEIRO, H. L.; SANTIAGO DE JESUS, D. & CRUZ, F. 2004. Importância do monitoramento de formaldeído em ambientes hospitalares utilizando o reagente fluoral “p” e detecção espectrofluorimétrica. Anais do I Congresso Nacional da Abdeh – IV Seminário de Engenharia Clínica.

TSUCHIYA, Y.; DUSSAULT, R., ROLFE, S. J. et al. 1985. Measurement of off-gases from urea formaldehyde foam insulation. Transactions, Indoor Air Quality in Cold Climates: Hazards and Abatement Measures. Ottawa, Ontario. National Research Council Canada. & Environment, 9(3&4): 1012-1018.

WOLVERTON, B. C. 1980. Higher plants for recycling human waste into food, potable water and revitalized air in a closed life support system. NASA/ ERL Report, nº 192, NSTL, MS.

WOLVERTON, B. C.; MACDONALD, R. C. & WAKINS Jr., E. A. 1983. Foliage plants for removing indoor air pollutants from energy-efficient homes. Economic Botany, 38(2): 224-228.

WOLVERTON, B. C.; JOHNSON, A. & BOUNDS, K. 1989. Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. National Aeronautics and Space Administration. John C. Stennis Space Center, Science and Tecnology Laboratory.

WOLVETON, B. C. & WOLVERTON, J. D. 1993. Ammonia from the indoor environment. Journal of the Mississippi Academy of Sciences, 38(2): 11-15.

WOLVERTON, B. C. 1997. How to grow fresh air-50 house plants that purify your home or office. Penguin Book. New York. N. Y. U. S. A.

WHE (World Health Organization). 1983. Indoor air pollutants: exposuse and health effects. Copenhagen, 1983. (Euro Reports and Studies, 78).

YANG, D. S.; PENNISI, S. V.; SON, K-C & KAYS, S. J. 2009. Screening indoor plants for volatile organic pollutant removal efficiency. Hortscience, 44: 1377-1381.

ZHOU, J.; QIN, F.; SU, J.; LIAO, J-W. & XU, H-L. 2011. Purification of formaldehyde-polluted air by indoor plants of Araceae, Agavaceae and Liliaceae. Journal of Food, Agriculture & Environment, 9(3&4): 1012-1018.