

PLANTAS PURIFICADORAS DE AR INTERIOR: ANÁLISE TÉCNICA DA EFICIÊNCIA E APLICAÇÕES

Trabalho de Avaliação e Perícia Ambiental

AMARILIO DA SILVA MATTOS JR

João Pessoa – PB
2025

REALIZAÇÃO:



IBAPE
INSTITUTO BRASILEIRO
DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA



IBAPE-PB
INSTITUTO BRASILEIRO
DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA

PATROCÍNIO:

CONFEA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA-PB
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia da Paraíba



mutua
Câmara de Assistência dos Profissionais da Crea

PLANTAS PURIFICADORAS DE AR INTERIOR: ANÁLISE TÉCNICA DA EFICIÊNCIA E APLICAÇÕES

RESUMO

Este trabalho técnico apresenta uma análise abrangente sobre a utilização de plantas ornamentais na purificação do ar em ambientes internos, fundamentada no estudo pioneiro da NASA de 1989 e em pesquisas científicas subsequentes. Avalia-se a eficiência de diversas espécies vegetais na remoção de compostos orgânicos voláteis (VOCs) como formaldeído, benzeno e tricloroetileno, considerando as limitações práticas em ambientes ventilados e as recentes atualizações na regulamentação brasileira. Discutem-se as críticas metodológicas aos estudos originais e as inovações tecnológicas, como os biofiltros vegetais, que buscam otimizar o potencial fitorremediador. A pesquisa demonstra que, embora as plantas apresentem capacidade mensurável de purificação em condições controladas, sua eficácia prática requer integração com sistemas de ventilação mecânica e biofiltros para obter resultados significativos na melhoria da qualidade do ar interior. Conclui-se que as plantas desempenham um papel complementar valioso na melhoria da qualidade do ar interior, devendo ser integradas a estratégias holísticas que incluam ventilação adequada e outras tecnologias de purificação para otimizar os resultados e promover ambientes internos mais saudáveis, reconhecendo também seus benefícios estéticos e psicológicos.

Palavras-chave: Plantas purificadoras; Biofiltro; Qualidade do ar interior; Compostos orgânicos voláteis; Fitorremediação.

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. POLUIÇÃO DO AR EM AMBIENTES INTERNOS.....	5
3. POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	6
4. PLANTAS PURIFICADORAS DE AR INTERIOR.....	8
5. EFICIÊNCIA DAS PLANTAS.....	12
6. ESTUDO DA NASA.....	14
7. OUTRAS PESQUISAS.....	15
8. AVANÇOS TECNOLÓGICOS.....	16
9. ESTUDOS DE CASOS.....	18
10. NORMAS E METODOLOGIA ANALÍTICA.....	20
11. CONCLUSÃO.....	21
12. ANEXOS.....	23
13. BIBLIOGRAFIA.....	24

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar interior (QAI) tornou-se uma preocupação crescente na saúde pública, especialmente considerando que pessoas passam uma parcela substancial do seu tempo em ambientes fechados. Ambientes internos frequentemente acumulam uma miríade de poluentes. As fontes desses contaminantes são diversas, incluindo materiais de construção e acabamento (tintas, vernizes, compensados), mobiliário (especialmente aqueles feitos com aglomerados e tecidos sintéticos), produtos de limpeza e manutenção, equipamentos eletrônicos e as próprias atividades humanas, como cozinhar e fumar. A exposição contínua a esses poluentes está associada a uma gama de efeitos adversos à saúde, que podem variar desde irritações nas vias aéreas, reações alérgicas, dores de cabeça, até condições mais graves como doenças respiratórias crônicas e, em alguns casos, o aumento do risco de desenvolvimento de câncer.

Pode-se utilizar como referência a Síndrome do Edifício Doente (SED), cujos sintomas relatados e a preocupação com o acúmulo de poluentes em ambientes internos estão alinhados com as características dessa condição. Ela se manifesta quando os ocupantes de um edifício apresentam um conjunto de sintomas sem causa claramente identificável, frequentemente associados à má qualidade do ar interior.

Como alternativa sustentável aos sistemas mecânicos de purificação, algumas espécies de plantas são estudadas por sua capacidade natural de filtrar contaminantes atmosféricos através de processos fisiológicos conhecidos como fitorremediação. O interesse científico nesta área intensificou-se após o estudo pioneiro conduzido pela NASA em 1989, que investigou inicialmente plantas para habitats espaciais selados.

Neste contexto de busca por ambientes internos mais saudáveis, as plantas ornamentais surgiram como uma alternativa promissora e sustentável para a melhoria da QAI. O interesse científico pela capacidade das plantas de purificar o ar não é recente, tendo sido objeto de investigação por várias décadas. Um marco fundamental e frequentemente citado nesta área é o estudo conduzido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dos Estados Unidos, publicado em 1989 sob o título *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement* e liderado por B.C. Wolverton e colaboradores. Este estudo foi originalmente concebido com o objetivo de encontrar métodos para purificar o ar em ambientes hermeticamente fechados, como as futuras estações espaciais, onde a renovação do ar com o ambiente externo seria mínima ou inexistente. A pesquisa da NASA concentrou-se na capacidade de diversas espécies de plantas comuns em remover compostos orgânicos voláteis (VOCs) específicos, notadamente o benzeno, o formaldeído e o tricloroetileno, poluentes frequentemente detectados em residências e escritórios. Os resultados deste estudo pioneiro foram significativos, sugerindo que, além do conhecido processo de fotossíntese (absorção de CO₂ e liberação de O₂), certas plantas poderiam atuar como filtros biológicos eficazes. Este trabalho não apenas identificou espécies com potencial fitorremediador, mas também influenciou políticas de projeto e design de interiores e arquitetura sustentável,

fomentando um maior interesse na utilização de plantas como um componente para ambientes internos mais saudáveis. A divulgação destes resultados foi impulsionada, em parte, pela *Associated Landscape Contractors of America* (ALCA), que, em colaboração com a NASA, estabeleceu o *Foliage for Clean Air Council* com a missão de disseminar as descobertas de Wolverton e outros pesquisadores sobre o tema. É crucial, no entanto, analisar criticamente a transposição direta desses resultados laboratoriais para as condições complexas e dinâmicas dos ambientes internos cotidianos, uma discussão que será aprofundada ao longo deste trabalho.

2. POLUIÇÃO DO AR EM AMBIENTES INTERNOS

2.1. FONTES DE CONTAMINAÇÃO INTERIOR

Ambientes internos podem concentrar poluentes em níveis significativamente superior aos externos, devido à limitada renovação de ar e múltiplas fontes de emissão. As principais fontes incluem materiais de construção (compensados, MDF, carpetes sintéticos), produtos químicos domésticos (desinfetantes, purificadores de ar, solventes, pesticidas, tintas, vernizes, produtos de limpeza), equipamentos eletrônicos e atividades humanas como tabagismo.

A consequência direta desta acumulação de poluentes é um impacto negativo na saúde humana. A exposição, mesmo a baixas concentrações, mas por períodos prolongados, a poluentes como benzeno, formaldeído, tricloroetileno, xileno e tolueno está associada a uma série de problemas de saúde. Estes podem incluir sintomas agudos como irritação dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, tonturas, fadiga e reações alérgicas. A longo prazo, a exposição crônica pode levar ao desenvolvimento ou agravamento de doenças respiratórias, como asma e bronquite, disfunções neurológicas, comprometimento do sistema imunológico e, para certos poluentes como o benzeno e o formaldeído, um aumento do risco de câncer. A compreensão destas fontes e dos mecanismos de concentração é, portanto, o primeiro passo para o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação, incluindo o potencial uso de plantas purificadoras.

Estudos realizados em diferentes regiões do Brasil evidenciam essa problemática, como demonstrado em análises feitas em shopping centers de Manaus (AM), unidades hospitalares em Florianópolis (SC) e Caicó (RN) e escritórios na cidade de São Paulo (SP), onde parâmetros específicos de qualidade do ar exigem monitoramento constante para garantir a conformidade com as normas regulatórias. Um exemplo internacional relevante é o caso de escolas na Finlândia, que também ilustra os desafios relacionados à qualidade do ar em ambientes internos.

2.2. IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA

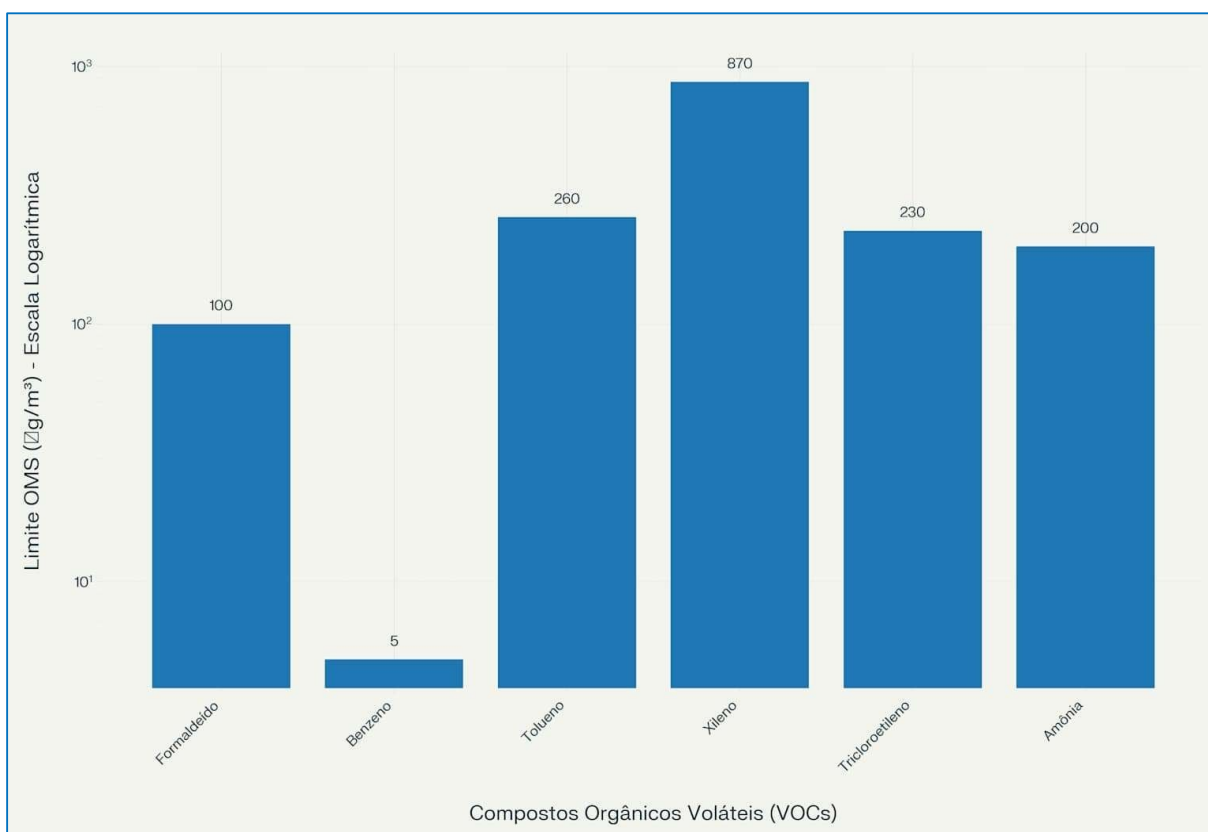
Como já mencionado, a exposição prolongada a poluentes internos está associada a diversos problemas de saúde. A Organização Mundial da Saúde estima que a poluição do ar interior contribuiu para aproximadamente 7 milhões de mortes em 2016.

3. POLUENTES ATMOSFÉRICOS

3.1. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (VOCs)

Os VOCs representam uma categoria ampla de poluentes caracterizados por alta pressão de vapor em temperatura ambiente, facilitando sua liberação para a atmosfera. Estes compostos são encontrados amplamente em produtos domésticos e industriais, sendo precursores importantes na formação de ozônio troposférico superficial (até 10 km) e material particulado secundário (poluentes). Não confundir com o ozônio estratosférico (10 a 50 km) benéfico e essencial para proteger e filtrar contra os raios UV do sol.

Dentre os principais poluentes em ambientes internos o formaldeído destaca-se como um dos VOCs mais preocupantes, sendo classificado como carcinogênico do Grupo 1 pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) e presente em concentrações significativas devido à sua emissão por materiais de construção. O benzeno, também carcinogênico do Grupo 1 pela IARC, está associado a tintas e combustíveis, enquanto tolueno e xileno, embora menos tóxicos, são abundantes em ambientes urbanos.



Limites de VOCs (micrograma/m³ ou µg/m³) Fonte: OMS – Organização Mundial da Saúde

- **Formaldeído (CH₂O)** é um aldeído com pressão de vapor de 3.900 mmHg a 25°C, classificado como carcinogênico do Grupo 1 pela IARC. Sua presença em

ambientes internos resulta principalmente da desgaseificação de produtos de madeira reconstituída, isolamentos de ureia-formaldeído e tecidos tratados com resinas contendo formaldeído.

- **Benzeno (C_6H_6)** é um hidrocarboneto aromático com pressão de vapor de 95,2 mmHg a 25°C, também classificado como carcinogênico do Grupo 1. As principais fontes incluem tintas à base de solvente, produtos de limpeza, combustíveis armazenados e fumaça de tabaco. A exposição crônica ao benzeno está associada à leucemia e outros distúrbios hematológicos.
- **Tricloroetileno (C_2HCl_3)** é um solvente clorado com pressão de vapor de 58 mmHg a 25°C, classificado como provável carcinogênico (Grupo 2A). Sua utilização em produtos de limpeza a seco, desengraxantes e adesivos resulta em exposição ocupacional e residencial significativa.
- **Xileno (C_8H_{10}) e Tolueno (C_7H_8)** são hidrocarbonetos aromáticos com pressões de vapor de 6,72 mmHg e 22 mmHg a 25°C, respectivamente. Estes compostos são amplamente utilizados como solventes em tintas, vernizes, adesivos e combustíveis, apresentando efeitos neurotóxicos em exposições agudas.
- **Material Particulado (MP)** inclui poeira, pólen, esporos de mofo, pelos de animais, fumaça de cigarro, partículas de combustão (cozinha, velas, incenso) e fragmentos de materiais de construção ou de desgaste de móveis. As partículas finas (MP_{2,5}) e ultrafinas são as mais preocupantes, pois podem penetrar profundamente nos pulmões causando problemas respiratórios, cardiovasculares e agravando alergias e asma.

Nota: quanto maior a pressão de vapor, maior a volatilidade.

4. PLANTAS PURIFICADORAS DE AR INTERIOR

A fitorremediação, definida como o uso de plantas para remover, degradar ou conter contaminantes ambientais, tem sido explorada como uma estratégia natural e esteticamente agradável para melhorar a qualidade do ar em ambientes internos. Este tratamento mostra que diversas espécies de plantas ornamentais foram identificadas em estudos científicos por sua capacidade de absorver e metabolizar certos poluentes atmosféricos.

Mecanismos de Purificação

As plantas removem poluentes atmosféricos através de múltiplos mecanismos fisiológicos: absorção foliar via estômatos (estrutura microscópica presente na epiderme das folhas e de caules responsável por regular a troca gasosa entre a planta e o ambiente), degradação metabólica através de enzimas vegetais e atividade microbiana na rizosfera (região do solo que fica imediatamente ao redor das raízes das plantas, onde ocorre intensa interação entre as raízes, microrganismos e o solo). O processo envolve tanto a planta quanto os microrganismos associados ao sistema radicular, que metabolizam compostos orgânicos em substâncias menos tóxicas.

Espécies Mais Eficazes

Baseado no estudo da NASA e pesquisas subsequentes, certas espécies demonstram eficiência superior na remoção de VOCs específicos. A *Sansevieria trifasciata* (espada-de-são-jorge) destaca-se pela remoção de benzeno e formaldeído, enquanto *Spathiphyllum spp.* (lírio da paz) mostra eficácia contra tricloroetileno e amônia.



Espada de São Jorge - *Sansevieria trifasciata*

Fonte: Jardim Exótico <https://jardimpark.com.br/como-cultivar-e-cuidar-do-lirio-da-paz/>

Características de Cultivo e Manutenção

Para que as plantas desempenhem sua função purificadora de forma otimizada, alguns cuidados de manutenção são essenciais:

- **Limpeza das Folhas:** Remover regularmente o pó das folhas com um pano úmido ou um leve borrifo de água para desobstruir os estômatos e maximizar a fotossíntese e a absorção de poluentes.
- **Tipo de Solo (Substrato):** Utilizar um substrato bem drenado e aerado para promover a saúde das raízes e a atividade dos microrganismos benéficos na rizosfera. Evitar a compactação do solo. A renovação ocasional do substrato pode ser benéfica. Materiais como turfa e carvão ativado podem ser incorporados, especialmente em sistemas de biofiltração, para aumentar a retenção de poluentes.
- **Rega:** Ajustar a frequência de rega às necessidades de cada espécie, mantendo o solo geralmente úmido, mas evitando o encharcamento, que pode levar ao apodrecimento das raízes e prejudicar os microrganismos aeróbicos.

- **Adubação:** Fornecer nutrientes de forma equilibrada e periódica, conforme as exigências de cada planta, para garantir seu vigor e capacidade metabólica.
- **Luz e Ventilação:** Posicionar as plantas em locais com iluminação adequada às suas necessidades (geralmente luz indireta) e garantir alguma ventilação no ambiente, embora, como discutido, a ventilação excessiva possa diminuir a concentração local de poluentes para absorção.
- **Remoção de Partes Mortas:** Retirar folhas e flores secas ou doentes para evitar o desenvolvimento de fungos e direcionar a energia da planta para o crescimento saudável.

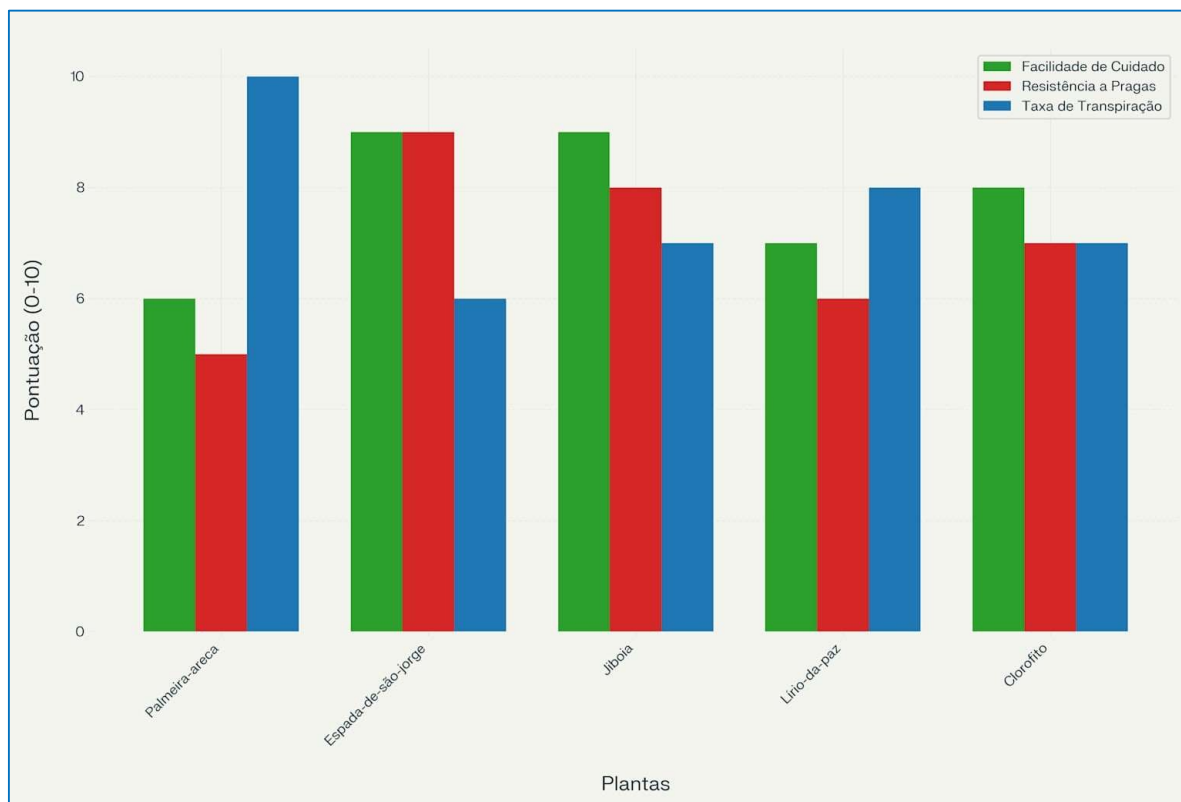


Lirio da Paz - *Spathiphyllum* spp.

Fonte: Jardim Park <https://jardimpark.com.br/como-cultivar-e-cuidar-do-lirio-da-paz/>

Benefícios Psicológicos e de Bem-Estar

Além do potencial de purificação do ar, a presença de plantas em ambientes internos está associada a significativos benefícios psicológicos e de bem-estar para os ocupantes. Estudos indicam que o contato com elementos da natureza, mesmo em pequena escala como plantas em vasos, pode contribuir para a redução do estresse, ansiedade e fadiga mental. A presença de vegetação pode melhorar o humor, aumentar a sensação de calma e relaxamento, e até mesmo elevar os níveis de satisfação com o ambiente de trabalho ou doméstico. Há também evidências de que plantas podem aumentar a concentração, a atenção e a produtividade em escritórios e ambientes de estudo. Estes efeitos, embora não diretamente ligados à remoção química de poluentes, são um componente importante na criação de espaços internos mais saudáveis e agradáveis, reforçando o valor multifacetado das plantas.



Características de plantas purificadoras Fonte: NASA

5. EFICIÊNCIA DAS PLANTAS

A eficiência de remoção varia significativamente entre espécies vegetais devido a diferenças morfológicas, fisiológicas e na composição da microbiota rizosférica. Características como densidade estomatal, área foliar específica, arquitetura radicular e produção de exsudatos radiculares influenciam diretamente na capacidade purificadora.

- **Sansevieria trifasciata** (Espada-de-são-jorge) demonstra excepcional capacidade de remoção de formaldeído, apresentando taxa de $18 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (peso seco) após 5 dias de exposição contínua.
- **Spathiphyllum spp.** (Lírio-da-paz) apresenta eficiência de remoção de benzeno de $3,09 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ de área foliar, destacando-se pela capacidade de degradar simultaneamente múltiplos VOCs. Sua arquitetura foliar ampla e sistema radicular denso contribuem para a alta eficiência purificadora.
- **Epipremnum aureum** (Jiboia) demonstra versatilidade na remoção de diversos VOCs, com taxa de remoção de $0,95 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ para benzeno. Sua capacidade de crescimento em condições de baixa luminosidade torna-a adequada para ambientes internos com iluminação limitada.

Nota 1: A unidade $\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ significa miligrama por hora por quilograma, usada para expressar taxas de emissão, absorção ou metabolização de uma substância em relação ao tempo e à massa do sistema.

Nota 2: A unidade $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ representa a taxa de mudança de uma massa (em miligramas) em relação à área (m^2) por hora. Em outras palavras, é a taxa de variação de massa por unidade de área e por unidade de tempo.

Outras plantas no site Ambiente Legal



Fonte: <https://www.ambientelegal.com.br/as-plantas-que-purificam-o-ar/>

Resultados Quantitativos Principais:

- **Spathiphyllum 'Mauna Loa** (lírio da paz): Remoção de 79% de benzeno, 78% de tricloroetileno e 80% de formaldeído
- **Hedera Helix** (hera-inglesa): Remoção de 90% de benzeno, 89% de tricloroetileno e 86% de formaldeído
- **Chrysanthemum morifolium** (crisântemo): Remoção de 76% de benzeno, 82% de tricloroetileno e 89% de formaldeído
- **Sansevieria trifasciata** (espada de são jorge): Remoção de 68% de benzeno, 70% de tricloroetileno e 74% de formaldeído

Experimentos controlados com substrato estéril demonstraram que 50-70% da remoção total é atribuível à atividade microbiana no solo, enquanto 30-50% resulta da absorção direta pela planta. Esta descoberta redirecionou pesquisas

subsequentes para o estudo da rizosfera como sistema biológico de purificação. Ou seja, a retirada do VOC no ambiente controlado mostrou ser uma combinação do solo e da planta.

5.1. CONDIÇÕES CONTROLADAS VS. AMBIENTES REAIS

O estudo original da NASA foi conduzido em câmaras herméticas de 0,48 m³ e em condições que maximizam o contato entre poluentes e plantas. Nestas condições controladas, plantas demonstraram capacidade de remover até 87-90% de certos VOCs em 24 horas. Entretanto, pesquisas posteriores questionaram a aplicabilidade destes resultados em ambientes ventilados.

Limitações em Ambientes Ventilados

Estudos críticos, como o de Cummings & Waring (2019), demonstraram que em ambientes com ventilação natural, seria necessária uma densidade de aproximadamente 10 a 1.000 plantas por metro quadrado para obter efeitos comparáveis aos sistemas de ventilação mecânica. Esta concentração torna impraticável o uso isolado de plantas purificadoras em ambientes ventilados. Esta limitação decorre da alta taxa de renovação de ar que dilui poluentes mais rapidamente que a capacidade de absorção vegetal.

Fatores Ambientais Influenciadores

A eficiência das plantas purificadoras é significativamente influenciada por condições ambientais como temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa e composição do substrato. Condições ótimas variam por espécie, sendo necessário considerar estes parâmetros para maximizar a capacidade purificadora. Nos ambientes comuns essas condições nem sempre estão presentes e comprometeriam a eficiência se fosse o único sistema de purificação presente.

6. ESTUDO DA NASA

O NASA *Clean Air Study*, conduzido por B.C. Wolverton e colaboradores em 1989, foi desenvolvido originalmente para identificar plantas capazes de purificar o ar em estações espaciais. A metodologia empregou câmaras seladas onde plantas foram expostas a concentrações específicas de formaldeído, benzeno e tricloroetileno, com quantificação através de cromatografia gasosa.

O estudo identificou 12 espécies com capacidades purificadoras mensuráveis, estabelecendo que tanto folhas quanto sistema radicular contribuem para a remoção de VOCs. Os resultados sugeriram que plantas comuns de interior poderiam fornecer purificação natural do ar, influenciando novos conceitos de projeto e design sustentável e de interesse comercial.

Apesar das limitações metodológicas posteriormente identificadas, o estudo da NASA estabeleceu a base científica para pesquisas em fitorremediação de ar interior. A pesquisa inspirou desenvolvimentos tecnológicos como o *Nature's Filter* de Wolverton, que direciona ar através do sistema radicular para maximizar eficiência.

7. OUTRAS PESQUISAS

Cummings & Waring (2019): este estudo, publicado no *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, adotou uma abordagem crítica e quantitativa para avaliar a eficácia prática das plantas. Os pesquisadores modelaram as taxas de remoção de VOCs por plantas em vasos e as compararam com as taxas de ventilação típicas em edifícios. A conclusão foi contundente: para que as plantas tivessem um impacto na qualidade do ar comparável ao de uma taxa de ventilação comum, seria necessária uma densidade extremamente alta de plantas, estimada entre 10 e 1.000 plantas por metro quadrado de espaço, ou, mais especificamente, cerca de 1.000 plantas/m² para competir eficazmente.

B.C. Wolverton, um dos principais autores do estudo da NASA de 1989, continuou sua pesquisa e divulgou seus achados no livro *How to Grow Fresh Air* (1996). Esta obra expandiu a lista de plantas purificadoras e forneceu mais dados sobre suas capacidades, popularizando o conceito. Reconhecendo as limitações da purificação passiva por plantas em vasos, Wolverton também desenvolveu o conceito do *Nature's Filter*. Este dispositivo consistia em um sistema de biofiltração ativa, onde o ar do ambiente era forçado a passar através do substrato e do sistema radicular da planta, otimizando o contato com os microrganismos da rizosfera, que são cruciais para a degradação de VOCs. Wolverton alegou que uma planta equipada com tal filtro poderia ter a capacidade de purificação de 100 plantas em vasos convencionais.

Este desenvolvimento representa uma tentativa de superar as limitações de eficiência em ambientes reais, movendo-se de uma fitorremediação passiva para uma ativa e mais técnica. Pesquisas subsequentes ao estudo da NASA produziram resultados mistos quanto à eficácia prática das plantas purificadoras.

Universidade de Georgia (2009): um relatório técnico desta universidade focou na eficácia de plantas específicas contra o formaldeído, um VOC comum e preocupante. O estudo identificou que plantas como a Hera-Inglesa (*Hedera helix*) e diversas espécies de Dracena (*Dracaena spp.*) são particularmente eficazes na remoção deste poluente. Estes achados corroboram as listas de plantas eficazes do estudo da NASA, fornecendo validação adicional para certas espécies contra poluentes específicos.

Desenvolvimentos recentes incluem plantas geneticamente modificadas, como o projeto Neo P1 da empresa francesa Neoplants, que utiliza engenharia genética para potencializar capacidades purificadoras. Esta abordagem representa a fronteira tecnológica na aplicação de plantas para purificação de ar interior.

8. AVANÇOS TECNOLÓGICOS

Sistemas de Biofiltração

Biofiltros representam evolução tecnológica que integra plantas com sistemas de ventilação forçada, maximizando o contato entre ar contaminado e biomassa purificadora. Estes sistemas podem alcançar eficiências de 70-95% na remoção de VOCs, dependendo da configuração e espécies utilizadas.

Dados de Performance Quantitativos:

Biofiltros com *Spathiphyllum wallisii* (lírio da paz) demonstraram capacidade de processamento de 0,5-1,2 m³/h de ar por planta, com eficiência de remoção de:

- Formaldeído: 85-95%
- Benzeno: 75-90%
- Tolueno: 80-92%
- Xileno: 70-85%

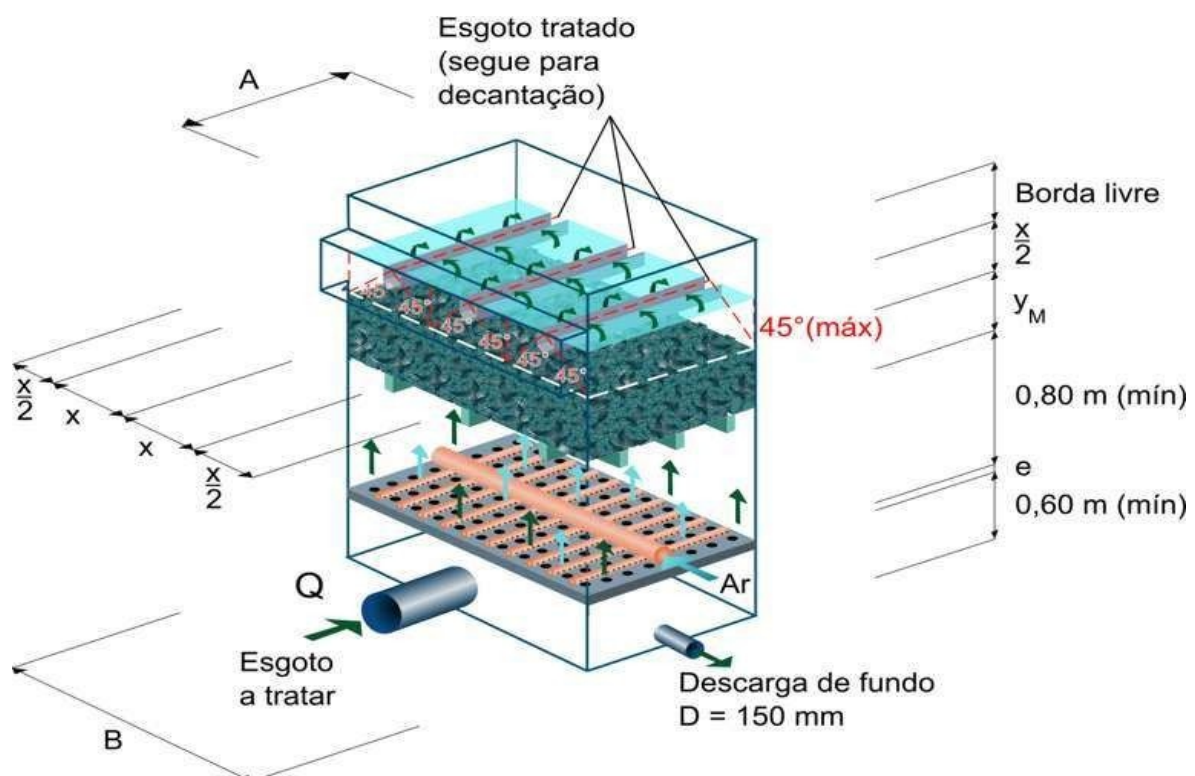


Diagrama de sistema de biofiltro aerado para tratamento de esgoto.
 Fonte: <https://voimatoolbox.com/pt-br/calculations/filtro-biologico-aerado-submerso>

Integração com Sistemas HVAC

A integração de plantas com sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) oferece abordagem promissora para melhorar a qualidade do ar em edifícios comerciais. Esta integração permite processamento de grandes volumes de ar mantendo eficiência energética. Recomendado o uso de filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) que é capaz de remover pelo menos 99,97% das partículas com 0,3 micrômetro (µm) de diâmetro — esse tamanho é considerado o mais penetrante e, portanto, o mais difícil de capturar. Recomendado para hospitais, laboratórios, indústrias farmacêuticas entre outros.

Jardins Verticais e Paredes Verdes

Jardins verticais representam aplicação prática que combina benefícios estéticos com purificação de ar. Estudos indicam que paredes verdes podem purificar ar filtrando poluentes e gases tóxicos, além de oferecer benefícios térmicos e acústicos.

9. ESTUDOS DE CASOS

9.1. APLICAÇÕES EM AMBIENTES HOSPITALARES

Estudos em unidades de saúde brasileiras, incluindo central de esterilização do Hospital Universitário de Florianópolis e clínica de hemodiálise em Caicó/RN, demonstraram importância do monitoramento contínuo da qualidade do ar. Embora estes estudos não utilizaram plantas purificadoras, estabeleceram parâmetros de referência para futuras implementações.

9.2. AMBIENTES COMERCIAIS

A análise de shopping centers em Manaus/AM revelou conformidade com parâmetros ANVISA mesmo sem plantas purificadoras, sugerindo que sistemas de ventilação mecânica adequados podem manter qualidade do ar satisfatória. Contudo, a integração de plantas poderia oferecer benefícios adicionais em eficiência energética e bem-estar ocupacional.

9.3. ESCRITÓRIO SUSTENTÁVEL EM S. PAULO

O projeto piloto conduzido em edifício comercial de 2.500 m² na cidade de São Paulo (2018-2020) investigou a implementação de estratégia integrada de fitorremediação em ambiente corporativo. O estudo envolveu instalação de 1.250 plantas (densidade de 0,5 plantas/m²) distribuídas em vasos convencionais e sistemas hidropônicos verticais. Esta densidade é significativamente superior à encontrada em arranjos puramente decorativos e aproxima-se de níveis que, teoricamente, poderiam ter um impacto mensurável na qualidade do ar.

A metodologia usada monitorou de forma contínuo da qualidade do ar através de sensores automáticos para VOCs totais, formaldeído, CO₂ e material particulado. Medições realizadas em intervalos de 15 minutos durante 24 meses, comparando andares com diferentes densidades de plantas (controle: 0 plantas/m²; baixa densidade: 0,2 plantas/m²; alta densidade: 0,5 plantas/m²). Os resultados quantitativos foram:

- Redução de 23% nas concentrações médias de VOCs totais (alto densidade vs. controle)
- Diminuição de 31% nos níveis de formaldeído durante horário comercial
- Redução de 18% nas concentrações de CO₂ em salas de reunião
- Diminuição de 35% na incidência de sintomas de síndrome do edifício doente (baseado em questionários mensais aplicados a 240 funcionários)

O investimento inicial de R\$ 85.000 resultou em retorno estimado de 3,2 anos através de redução de 15% nos custos com climatização e diminuição de 28% no

absenteísmo por doenças respiratórias. Este achado é sugestivo de um benefício tangível para a saúde e bem-estar dos funcionários.

9.4. ESCOLAS NA FINLÂNDIA

O programa nacional finlandês *Green Schools Air Quality* (2017-2021) implementou sistemas de fitorremediação em 45 escolas primárias, abrangendo 18.000 estudantes. O projeto utilizou principalmente *Nephrolepis exaltata* (samambaia-de-Boston) e *Dracaena marginata* (Dracena) devido à capacidade de adaptação a ambientes com iluminação artificial e por suas capacidades de fitorremediação em estudos laboratoriais.

O projeto experimental consistiu em um estudo controlado e randomizado, comparando salas de aula com a presença de plantas (grupo intervenção) com salas convencionais (grupo controle). Foi adotada uma densidade padronizada de 1 planta para cada 8 m² de área. O estudo incluiu o monitoramento da qualidade do ar, avaliação do desempenho acadêmico dos alunos e análise de indicadores de saúde respiratória."

Resultados de Saúde:

- Redução de 42% na incidência de sintomas alérgicos respiratórios
- Diminuição de 28% em episódios de cefaleia relatados por estudantes
- Melhoria de 15% nos índices de concentração (testes padronizados de atenção)

Resultados de Qualidade do Ar:

- Redução média de 18% nas concentrações de formaldeído
- Diminuição de 25% nos níveis de compostos aromáticos (BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos)
- Estabilização das concentrações de CO₂ em níveis 200-300 ppm inferiores ao grupo controle

Sustentabilidade: O programa demonstrou viabilidade de manutenção através de protocolos simplificados executados por funcionários escolares, com custos operacionais de € 0,50 por m² anualmente.

O resultado observado nestes experimentos finlandeses foi uma redução de compostos nocivos no ar das salas de aula onde as plantas foram introduzidas.

Assim como no caso do escritório em São Paulo, as informações detalhadas sobre estes estudos em escolas finlandesas são limitadas nos documentos de referência. Estes resultados inspiraram projetos similares em outros países, incluindo propostas para o contexto brasileiro.

10. NORMAS E METODOLOGIA ANALÍTICA

A avaliação da qualidade do ar interior requer metodologias padronizadas de amostragem e análise. Técnicas incluem amostragem ativa através de bombas de

sucção, amostragem passiva por difusão e monitoramento contínuo através de sensores eletrônicos.

A detecção e quantificação de VOCs, requer técnicas analíticas sofisticadas, com equipamentos especializados como cromatógrafos gasosos acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), o método de referência para identificação e quantificação específica, analisadores de CO₂ por infravermelho e medidores de material particulado. A seleção da instrumentação depende dos parâmetros específicos a serem monitorados e da precisão requerida.

Esta técnica permite a separação cromatográfica de compostos voláteis e sua identificação através de padrões espectrais únicos.

Evolução da Legislação Nacional

A regulamentação brasileira da qualidade do ar interior evoluiu significativamente desde a Resolução ANVISA RE 09/2003 até a adoção da ABNT NBR 17037 em 2024. Esta transição recente reflete avanços no conhecimento científico e alinhamento com padrões internacionais.

Protocolos analíticos devem seguir a norma ABNT NBR 17037 para qualidade do ar interior, que especificam procedimentos de coleta, preservação, análise e interpretação de resultados.

A norma ABNT NBR 17037 estabelece limites mais restritivos para diversos parâmetros, incluindo redução do limite de CO₂ de 1.000 ppm para 700 ppm acima da concentração externa. Adicionalmente, inclui pela primeira vez limites específicos para material particulado MP10 E MP2,5.

As novas regulamentações criam oportunidades para integração de plantas purificadoras como estratégia complementar para atendimento aos parâmetros normativos. Plantas podem contribuir especialmente para controle de VOCs, que não são diretamente regulamentados, mas influenciam a qualidade geral do ar.

11. CONCLUSÃO

Limitações e Críticas

Como observado neste trabalho, as plantas purificadoras apresentam limitações significativas em ambientes ventilados típicos, requerendo densidades impraticáveis para obter purificação equivalente a sistemas mecânicos. A dependência de condições ambientais específicas e necessidade de manutenção constante adiciona complexidade à implementação prática. Estudos críticos como o de Cummings & Waring (2019) demonstram que benefícios podem ser menores que inicialmente projetado pelo estudo da NASA.

A principal limitação das plantas purificadoras reside na baixa eficácia em ambientes com ventilação natural. Estudos demonstram que seria necessário número impraticável de plantas para obter purificação significativa comparável a sistemas mecânicos.

A eficiência das plantas é altamente dependente de condições ambientais específicas, incluindo temperatura, umidade, luminosidade e qualidade do substrato. Esta variabilidade torna difícil a previsão de desempenho em aplicações práticas.

Plantas requerem cuidados constantes incluindo irrigação, poda, fertilização e controle de pragas. Negligência na manutenção pode resultar em deterioração da capacidade purificadora e potencial contaminação biológica.

Nichos específicos como ambientes hospitalares, laboratórios e espaços de trabalho podem beneficiar-se de sistemas híbridos combinando plantas com tecnologias de purificação mecânica. Estes ambientes justificam investimentos em sistemas mais sofisticados devido aos requisitos rigorosos de qualidade do ar.

Na seleção de plantas para aplicações práticas, recomenda-se priorizar espécies com alta pontuação NASA combinada com facilidade de cultivo. *Sansevieria trifasciata* (espada de São Jorge), *Epipremnum aureum* (jiboia) e *Spathiphyllum spp.* (lírio da paz) representam escolhas ótimas por equilibrar eficiência purificadora com resistência e baixa manutenção.

Numa abordagem holística devemos reconhecer que as plantas são apenas um componente de um sistema maior. Priorizar a redução de fontes de poluição, garantir ventilação adequada e, se necessário, utilizar purificadores de ar mecânicos são medidas primárias.

Mas, em uma abordagem técnica, as plantas purificadoras não podem ser o sistema primário, devem ser consideradas complemento, não substituto, para sistemas de ventilação adequados. A integração com ventilação mecânica pode potencializar benefícios enquanto mantém eficiência energética.

Considerações finais

Plantas demonstram capacidade mensurável de purificar ar interior através de mecanismos de fitorremediação, conforme estabelecido pelo estudo pioneiro da NASA e validado por pesquisas subsequentes. Contudo, sua eficácia prática é limitada em ambientes com ventilação natural, requerendo integração com sistemas mecânicos de purificação e controle ambiental para obter resultados significativos. A evolução da regulamentação brasileira, com a adoção da ABNT NBR 17037, cria oportunidades para aplicação de plantas como estratégia complementar no atendimento aos parâmetros normativos de qualidade do ar interior.

Desenvolvimentos futuros em biotecnologia e integração tecnológica podem potencializar a aplicação de plantas purificadoras, especialmente em nichos específicos que justifiquem investimentos em sistemas híbridos. Recomenda-se abordagem integrada que combine plantas selecionadas com base em critérios científicos, sistemas de ventilação adequados e monitoramento contínuo da qualidade do ar para maximizar benefícios na saúde ocupacional e sustentabilidade ambiental.

12. ANEXOS

Tabela 1: Poluentes Atmosféricos Comuns em Ambientes Internos, Suas Fontes e Efeitos à Saúde.

Poluente	Fontes Comuns (detalhadas)	Efeitos à Saúde (detalhados)
Benzeno (C ₆ H ₆)	Tintas, vernizes, fumaça de	Carcinogênico (leucemia),

	cigarro, colas, detergentes, plásticos, emissões de veículos, combustíveis	tontura, dores de cabeça, sonolência, irritação ocular e respiratória, anemia, imunotoxicidade
Formaldeído (CH ₂ O)	Produtos de madeira prensada (MDF, aglomerado), carpetes, tecidos sintéticos, tintas, vernizes, produtos de limpeza, fumaça de cigarro	Provável carcinogênico, irritação ocular, nasal e da garganta, alergias, tosse, chiado, agrava asma, dores de cabeça, fadiga
Tricloroetileno (C ₂ HCl ₃)	Solventes industriais, removedores de tinta, limpadores de carpete, adesivos, fluidos de correção	Provável carcinogênico, tontura, dores de cabeça, sonolência, confusão, náusea, afeta sistema nervoso central, fígado e rins
Xileno (C ₈ H ₁₀)	Tintas, vernizes, colas, adesivos, produtos de limpeza, pesticidas, fumaça de cigarro, marcadores permanentes	Irritação ocular, nasal e da garganta, dores de cabeça, tontura, falta de coordenação, afeta sistema nervoso central
Tolueno (C ₇ H ₈)	Tintas, vernizes, colas, adesivos, produtos de limpeza, esmaltes, fumaça de cigarro, combustíveis	Fadiga, confusão, fraqueza, perda de memória, náusea, irritação ocular e nasal, afeta sistema nervoso, rins e fígado
Material Particulado (MP)	Poeira, pólen, mofo, pelos de animais, fumaça, combustão	Problemas respiratórios e cardiovasculares, agrava alergias e asma

Tabela 2: Plantas Purificadoras de Ar Interior, Poluentes Removidos e Características Adicionais.

Nome Popular (Nome Científico)	Poluentes Removidos	Características Adicionais / Cuidados
Espada-de-São-Jorge (Sansevieria trifasciata / Dracaena trifasciata)	Formaldeído, Benzeno, Tolueno, Xileno, Tricloroetileno, Óxidos de Nitrogênio, Amônia	Libera O ₂ à noite; ideal para quartos; adapta-se a pouca luz; rega moderada (solo seco entre regas); substrato bem drenado [1 (Pesquisas 2, 3, 4, 5)] ¹
Lírio-da-Paz (Spathiphyllum wallisii / Spathiphyllum spp.)	Amônia, Benzeno, Acetona, Formaldeído, Tricloroetileno, Xileno, Tolueno	Adapta-se a pouca luz; prefere solo úmido (não encharcado); limpar folhas [1 (Pesquisas 2, 3, 4, 5)] ¹
Jiboia (Epipremnum aureum)	Formaldeído, Xileno	Resistente, fácil de cuidar; tolera pouca luz; rega moderada; raízes fortes, usada em biofiltros [1 (Pesquisas 2, 3, 4, 5)] ¹
Clorofito (Chlorophytum comosum)	Clorofito (Chlorophytum comosum) Formaldeído, Xileno Pouca manutenção; adapta-se a diferentes ambientes [1 (Pesquisas 3, 4)]	Pouca manutenção; adapta-se a diferentes ambientes [1 (Pesquisas 3, 4)] ¹
Palmeira Areca (Dypsis lutescens)	Benzeno, Monóxido de Carbono, Formaldeído	Umidifica o ambiente; luz indireta; rega regular [1 (Pesquisas 2, 3)] ¹

Aloe Vera (Aloe barbadensis miller)	Formaldeído, Benzeno (de detergentes, vernizes)	Propriedades medicinais [¹ (Pesquisa 3)]¹
Samambaia-Americana / Boston (Nephrolepis exaltata)	Formaldeído, Xileno; Auxilia na remoção de Arsênico e Mercúrio do solo	Alta umidade; luz média/baixa; manter úmida; podar pontas [¹ (Pesquisa 3)]¹
Dracena (Dracaena spp. - e.g., D. marginata, D. fragrans 'Massangeana', D. deremensis 'Janet Craig', 'Warneckeii')	Formaldeído, Benzeno, Tricloroetileno, Xileno, Tolueno	Diversas variedades; iluminação média/alta (sem sol direto); rega moderada [¹ (Pesquisas 2, 3, 4, 5)]¹
Ficus-Borracha (Ficus elastica / Ficus robusta)	Formaldeído	Ajuda a manter umidade do ambiente [¹ (Pesquisa 3)]¹
Hera-Inglesa (Hedera helix)	Formaldeído, Benzeno, Xileno, Tolueno, Partículas em suspensão	Luz moderada; solo úmido; podar; eficaz contra formaldeído [¹ (Pesquisas 3, 4, 5)]¹
Palmeira-Bambu (Chamaedorea seifrizii)	Formaldeído, Benzeno, Tricloroetileno, Xileno	Alta umidade; luz indireta; rega regular ¹, [¹ (Pesquisas 3, 5)]¹
Crisântemo (Chrysanthemum morifolium)	Formaldeído, Benzeno, Amônia, Tricloroetileno	Boa luz indireta; solo bem drenado; remover flores murchas [¹ (Pesquisas 3, 5)]¹
Gérbera (Gerbera jamesonii)	Benzeno, Tricloroetileno, Formaldeído (conforme estudo NASA)	[¹ (Pesquisa 5)]¹

13. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17037: Qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente – Padrões referenciais. Rio de Janeiro, 2024.

CUMMINGS, B. E.; WARING, M. S. Potted plants do not improve indoor air quality. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, v. 30, p. 253–261, 2020.

CUMMINGS, B. E.; WARING, M. S. Are indoor plants effective at removing air pollutants? *Environmental Science & Technology*, v. 48, n. 11, p. 6037–6038, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução ANVISA RE n.º 09, de 16 de janeiro de 2003. Dispõe sobre o regulamento técnico para a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jan. 2003.

UNIVERSIDADE DE GEORGIA. Eficácia de plantas na remoção de formaldeído. Relatório Técnico, 2009.

WOLVERTON, B. C. How to grow fresh air: 50 house plants that purify your home or office. New York: Penguin Books, 1996.

WOLVERTON, B. C.; JOHNSON, A.; BOUNDS, K. Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. NASA-TM-101766, 1989. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19930073077>. Acesso em: 6 jun. 2024.

YANG, D. et al. Carbon dioxide reduction by indoor plants in small chambers. *Environmental Science & Technology*, v. 55, n. 8, p. 5001–5010, 2021.

SILVA, João Victor Araújo da; GOLIN, Rossean; CAIXETA, Danila Soares. Qualidade do ar em ambientes internos de unidades de assistência à saúde. *Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, v. 13, p. 196–212, 2024. Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/5569>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Qualidade do ar interior em edifícios de saúde e sistemas de ventilação. PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8674496>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Comparison of air quality standards between Brazil and countries from the five continents. *Sustentabilidade em Debate*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/50459>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Avaliação do nível de poluição do ar por gases e particulados na borda e no interior em unidade de conservação: um estudo de caso na Flona da Restinga de Cabedelo, Paraíba, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/61357>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Plantas são geneticamente modificadas para potencializar qualidades de purificação do ar. *MIT Technology Review Brasil*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://mittechreview.com.br/plantas-sao-geneticamente-modificadas-para-potencializar-qualidades-de-purificacao-do-ar/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Compostos orgânicos voláteis. *Mundo Educação*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/compostos-organicos-volateis.htm>. Acesso em: 7 jun. 2025.

BOLSONI, Vanessa Palermo. [Título do trabalho]. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/pgibt/2018/04/vanessa_palermo_bolsoni_ms.pdf. Acesso em: 7 jun. 2025.

Cromatografia gasosa: 5 aplicações que você precisa conhecer. *Labor Análise Laboratório*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.laboranaliselaboratorio.com.br/blog/categorias/artigos/cromatografia-gasosa-5-aplica-ccedil-otilde-es-que-voc-ecirc-precisa-conhecer>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Quantificação da respiração e de etileno em vegetais por cromatografia gasosa com detectores em série. *Embrapa*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1104649/quantificacao-da-respiracao-e-de-etileno-em-vegetais-por-cromatografia-gasosa-com-detectores-em-serie>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Cromatografia a gás: poderosa técnica de eparação e quantificação de compostos orgânicos. *Tecnal*, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://tecnal.com.br/pt-BR/blog/404-cromatografia-a-gas-poderosa-tecnica-de-separacao-e-quantificacao-de-compostos-organicos>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Case: potencial de fitorremediação de plantas nativas em área contaminada com compostos orgânicos voláteis. NewFields, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://newfields.com.br/case-potencial-de-fitorremediacao-de-plantas-nativas-em-area-contaminada-com-compostos-organicos-volateis/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Plantas domésticas podem purificar o ar de substâncias tóxicas em horas, revela estudo. Universo Racionalista, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://universoracionalista.org/plantas-domesticas-podem-purificar-o-ar-de-substancias-toxicas-em-horas-revela-estudo/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Melhor planta para purificar o ar de casa. Estadão, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/emails/casa-decoracao/melhor-planta-para-purificar-o-ar-de-casa-nprec/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Plantas que purificam o ar: as mais eficazes para 2025. O Maringá, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://omaringa.com.br/coluna/casa/plantas-que-purificam-o-ar-as-mais-eficazes-para-2025/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

CASA VOGUE. Jardim vertical: quais os benefícios e plantas que melhoram o ar. Casa Vogue, 26 set. 2018. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Paisagismo/noticia/2018/09/jardim-vertical-quais-os-beneficios-e-plantas-que-melhoram-o-ar.html>. Acesso em: 6 jun. 2025.

IURBAN. Jardim vertical: descubra os benefícios. Iurban, [s.d.]. Disponível em: <https://iurban.com.br/noticias/jardim-vertical/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

CONFORLAB. Como é realizada a análise da qualidade do ar interior? Conforlab, [s.d.]. Disponível em: <https://conforlab.com.br/como-e-realizada-a-analise-da-qualidade-do-ar-interior/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar. Brasília, DF: MMA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/qualidade-do-ar/guia-tecnico-para-o-monitoramento-e-avaliacao-da-qualidade-do-ar.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2025.

TESTO. Medição da qualidade do ar interior (IAQ). Testo Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://www.testo.com/pt-BR/aplicacoes/indoor-air-quality-measurement>. Acesso em: 6 jun. 2025.

RAISA. Teste da qualidade do ar interior Fluke. Raisal Equipamentos, [s.d.]. Disponível em: <https://www.raisa.com.br/fluke/teste-do-qualidade-do-ar-interior-fluke>. Acesso em: 6 jun. 2025.

BRASINDOOR. Alterações na legislação brasileira sobre qualidade do ar interno. Associação Brasileira da Qualidade do Ar Interno, [s.d.]. Disponível em: <https://www.brasindoor.com.br/alteracoes-na-legislacao-brasileira-sobre-qualidade-do-ar-interno.php>. Acesso em: 6 jun. 2025.

HIGEYA LAB. Análise do ar ambiente no Brasil: revogação da Resolução 09 da ANVISA. Higeya Lab, [s.d.]. Disponível em: <https://www.higeyalab.com.br/analise-do-ar-ambiente-no-brasil-revogacao-da-resolucao-09-da-anvisa>. Acesso em: 6 jun. 2025.

A7 AR CONDICIONADO. Análise de qualidade do ar: entenda como funciona. Blog A7 Ar Condicionado, [s.d.]. Disponível em:

<https://www.a7arcondicionado.com/blog/analise-de-qualidade-do-ar/16>. Acesso em: 6 jun. 2025.