

Pegada de carbono dos inaladores no Brasil e em Porto Alegre: impactos e alternativas

Carbon footprint of inhalers in Brazil and Porto Alegre: impacts and alternatives

Huella de carbono de los inhaladores en Brasil y Porto Alegre: impactos y alternativas

Paola Flâmia Simões <https://orcid.org/0009-0003-7603-3212>¹; Thamires Pereira Braga da Silva <https://orcid.org/0009-0005-8151-8761>¹; Enrique Falceto de Barros <https://orcid.org/0000-0002-2367-7001>²; Karina Pavão Patrício <https://orcid.org/0000-0003-2112-5956>³; Rafaela Brugalli Zandavalli <https://orcid.org/0000-0002-3636-5808>¹

Resumo O objetivo é calcular a pegada de carbono dos inaladores do tipo gás pressurizado dosimetrado para controle de asma e doença pulmonar obstrutiva crônica, dispensados pelo Sistema Único de Saúde no Brasil e em Porto Alegre, no ano de 2019. Dados de dispensação de salbutamol e beclometasona pela rede do Sistema Único de Saúde em 2019 foram obtidos mediante solicitação ao Ministério da Saúde. As dispensações foram multiplicadas pela pegada de carbono proporcional de cada dispositivo. A prescrição dos inaladores em questão resultou entre 24.889.141 e 60.878.728 toneladas de CO₂-eq liberados na atmosfera no Brasil (como percorrer 23 a 57 milhões de vezes a distância Norte a Sul do Brasil com carro comum a gasolina); e entre 459.830 e 1.151.008 toneladas de CO₂-eq na cidade de Porto Alegre. O estudo mostrou a enorme quantidade de gases de efeito estufa emitida associada aos dispositivos inalatórios no Brasil. A troca por medicações disponíveis na forma de inaladores de pó seco ou inaladores de névoa suave em situações adequadas evitaria grande dano ambiental e traria benefício clínico aos pacientes, pois trata-se da primeira escolha atual preconizada pelas diretrizes clínicas para o tratamento das doenças respiratórias.

Palavras-chave Asma, Beclometasona, Albuterol, Pegada de carbono, Mudança climática

Abstract The aim is to calculate the carbon footprint of metered-dose inhalers used for asthma and chronic obstructive pulmonary disease management, distributed by the Brazilian National Health Service in Brazil and in the city of Porto Alegre, Brazil, in the year 2019. Data regarding the dispensation of salbutamol and beclomethasone were obtained upon request from the Ministry of Health. The dispensations were multiplied by the proportional carbon footprint of each device. The prescription of the metered-dose inhalers resulted in between 24,889,141 and 60,878,728 tons of CO₂-eq released into the atmosphere in Brazil (equivalent to traveling 23 to 57 million times the north-to-south distance of Brazil in a standard gasoline car); and between 459,830 and 1,151,008 tons of CO₂-eq in the city of Porto Alegre. The study demonstrated the substantial amount of GreenHouse Gas emissions associated with these devices in Brazil. The substitution with dry powder inhalers or Soft mist inhalers in appropriate situations would prevent significant environmental harm, while also providing clinical benefits to patients, as they are currently the first-line choice recommended by clinical guidelines for the treatment of respiratory diseases.

Key words Asthma, Beclomethasone, Albuterol, Carbon footprint, Climate change

Resumen El objetivo es calcular la huella de carbono de los inhaladores de dosis medida presurizados para el control del asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), dispensados por el Sistema Único de Salud (SUS) en Brasil y Porto Alegre, en 2019. Los datos sobre la dispensación de salbutamol y beclometasona por la red del SUS en 2019 se obtuvieron mediante una solicitud al Ministerio de Salud. Los datos de dispensación se multiplicaron por la huella de carbono proporcional de cada dispositivo. Las prescripciones de estos inhaladores resultaron en la liberación de entre 24.889.141 y 60.878.728 toneladas de CO₂-eq a la atmósfera en Brasil (equivalente a recorrer de 23 a 57 millones de veces la distancia de norte a sur en un automóvil estándar de gasolina); y entre 459.830 y 1.151.008 toneladas de CO₂-eq en la ciudad de Porto Alegre. El estudio destacó la enorme cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con los inhaladores en Brasil. Cambiar a medicamentos disponibles en forma de inhaladores de polvo seco o de vapor suave en situaciones apropiadas evitaría daños ambientales significativos y, al mismo tiempo, brindaría beneficios clínicos a los pacientes, ya que esta es la primera opción recomendada actualmente por las guías clínicas para el tratamiento de enfermedades respiratorias.

Palabras clave Asma, Beclometasona, Albuterol, Huella de carbono, Cambio climático

¹ Gerência de Atenção Primária à Saúde, Grupo Hospitalar Conceição. Av. Francisco Trein 596, Bairro Cristo Redentor. 91350-200 Porto Alegre RS Brasil. paola.flamia@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre RS Brasil.

³ Departamento de Saúde Pública, Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Botucatu SP Brasil.

Introdução

As mudanças climáticas (MC) são consideradas a maior ameaça e, conseqüentemente, a maior oportunidade para a saúde pública do século XXI^{1,2}. Elas são decorrentes da crescente emissão antrópica de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera³⁻⁶. Esse efeito vem impactando a humanidade de diversas maneiras, incluindo o aumento de eventos extremos, como ondas de calor, secas, queimadas, enchentes e ciclones, que intensificam as desigualdades socioambientais e as iniquidades em saúde⁵.

Anualmente, o The Lancet Countdown divulga os dados de 44 indicadores sobre os impactos das MC para a saúde, resultado de estudos de mais de 120 cientistas em todo o mundo⁶. Entre as doenças que estão relacionadas às MC, pode-se citar o aumento daquelas transmitidas pela água, de vetores e outras zoonoses (como dengue e malária), cardiopulmonares, estresse por calor, desnutrição, obesidade, doenças crônicas não transmissíveis e diversas doenças mentais⁵⁻⁷. Esses e outros dados demonstram a resposta atrasada e inconsistente dos países, fornecendo “um imperativo claro para uma ação acelerada que coloque a saúde das pessoas e do planeta acima de outras agendas”⁶.

Embora os serviços de saúde assistam a população que adoecce frente aos impactos das MC, paradoxalmente eles favorecem o agravamento desse cenário através do impacto ambiental e a grande pegada de carbono (PC) por eles gerados. Se unissem todos os sistemas de saúde do mundo como se fossem um país, eles ocupariam a quinta posição mundial na emissão de GEE, tendo em vista que são responsáveis por 4,4% do total de emissões do mundo⁸, o equivalente a 514 usinas a carvão⁹. Além disso, o sistema de saúde tem o importante papel de ser um exemplo para a sociedade⁸.

Os medicamentos fazem parte da PC dos serviços de saúde, de forma que o maior componente da PC dos profissionais médicos que atuam na atenção primária à saúde (APS) é a sua prescrição. A maior contribuição isolada está associada aos broncodilatadores e corticoides inalatórios (CI) na forma de dispositivos dosimetrados de gás pressurizado (pMDI, na sigla em inglês) utilizados no tratamento da asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Eles estão amplamente disponíveis no Sistema Único de Saúde (SUS), tanto nas Farmácias Populares como nas farmácias das Unidades Básicas de Saúde/Estratégia Saúde da Família¹⁰⁻¹². Na Inglaterra, por exemplo, os inaladores tipo

pMDI são responsáveis por 3% da pegada de carbono total do sistema de saúde^{12,13}. Eles são dotados de altíssimo potencial de aquecimento global (PAG) e são utilizados em uma proporção que poderia ser otimizada, sendo portanto um ponto crítico¹⁴.

Os pMDIs têm em sua composição um gás propelente com PAG cerca de 1.300 vezes maior que o mais amplamente conhecido GEE dióxido de carbono (CO₂). Esse GEE se chama norfluorano (HFA-134a), da família dos hidrofluorcarbonos (HFA), subtipos de gases fluorados (gases F). Para exemplificar, 100 jatos de salbutamol pMDI são o equivalente a dirigir um carro por aproximadamente 290 km, em termos de GEEs¹⁵.

Os gases F foram introduzidos nos dispositivos inalatórios (DI) e no mercado no intuito de substituir os gases CFC, depletors da camada de ozônio. O Protocolo de Montreal, em 1986, banuiu o gás CFC. Em 2016, porém, foi adicionada uma emenda a esse protocolo, a “emenda Kigali”, que estimula as nações a reduzir 85% das emissões de gases F entre 2019 e 2036, para países desenvolvidos, e 80% entre 2024 e 2045 para países em desenvolvimento. Mundialmente, se todos os países atingissem as metas de redução dos gases F, isso reduziria o aumento da temperatura em todo o globo em 0,5° C durante este século, diminuindo substancialmente os impactos das MC¹⁶. Existem alternativas aos pMDIs: os dispositivos de cápsulas inalantes de pó seco (DPIs) e os dispositivos de névoa suave (SMI). Ambos não têm gás propelente e são, por isso, mais sustentáveis, porém são os menos prescritos.

Apesar da perspectiva de que não é possível pensar em saúde humana desconsiderando a saúde do planeta do qual os humanos dependem para viver³, seria um problema para os profissionais de saúde optarem pela prescrição de um medicamento mais sustentável caso esse não fosse a opção que oferecesse maior benefício clínico. No entanto, a atualização mais recente da principal diretriz para o tratamento da asma da GINA (sigla do inglês para Iniciativa Global para a Asma)¹⁷ salienta como primeira linha de tratamento medicações disponíveis em DPIs, como o formoterol + budesonida (*step 1* na asma), reduzindo hospitalizações e exacerbações graves da doença e sendo benéfica, portanto, para os pacientes e para o planeta¹⁸. Os tratamentos mais recomendados para a DPOC, como os beta-agonistas de longa duração (LABAs) e os anti-muscarínicos de longa duração (LAMAs), também estão disponíveis na forma de DPIs¹⁹.

Para construir um sistema de saúde mais sustentável e saudável, o primeiro passo é identificar de onde estão vindo as emissões de GEEs e quantificá-las²⁰. No entanto, no Brasil são escassos dados na literatura para quantificar esse impacto ambiental relacionado à saúde. Este estudo traz uma contribuição inédita para a compreensão da pegada de carbono dos inaladores pMDI dispensados pelo SUS como um todo no Brasil e especificamente em Porto Alegre (RS). Até o momento, não há estudos que investiguem esse dado nessa magnitude.

Quando os custos ambientais, de saúde e econômicos relacionados aos medicamentos não são bem conhecidos e quantificados, pode ser difícil em termos de políticas públicas decidir quais medicamentos oferecem melhor custo-benefício para a população, a fim de que sejam incluídos na cesta de medicamentos fornecidos pelo SUS. Além disso, atualmente é fundamental que se incorpore os conceitos ESG (práticas sociais, sustentáveis e de governança) nas instituições para promover saúde²¹.

A Organização das Nações Unidas (ONU) clama pela rápida transformação das sociedades para conter a crise climática²². Ao mesmo tempo, mais de dois terços da força de trabalho global em saúde assinou uma carta aberta – 45 milhões de médicos e profissionais de saúde em todo o mundo – alertando os líderes nacionais e internacionais da Conferência das Partes (COP) sobre a necessidade de intensificar planos de ação climática. Os profissionais de saúde afirmaram que eles já enfrentam os danos à saúde causados pelas MC nos atendimentos à população, por isso advogam pela ação climática^{22,23}.

Esta pesquisa tem como objetivo estimar a PC de inaladores para asma e para DPOC do tipo inaladores de gás pressurizado dosimetrado (pMDI) dispensados pela Farmácia Popular e pelo SUS como um todo (excetuando a Farmácia Popular) no Brasil e, especificamente, em Porto Alegre (POA-RS) no ano de 2019.

Métodos

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo ecológico. O local do estudo principal, o Brasil, foi escolhido por tratar-se do país por inteiro. O local secundário, a cidade de Porto Alegre, foi escolhida por conveniência. O ano de 2019 foi escolhido por ser o ano imediatamente anterior à pandemia de COVID-19, portanto, um ano em que a prescrição

de medicamentos para asma e DPOC ocorreu de forma usual.

Como amostra foi utilizada a quantidade total de sulfato de salbutamol e dipropionato de beclometasona tipo pMDI com dispensação registrada na rede SUS como um todo e pela Farmácia Popular, no Brasil e em POA, no ano de 2019.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Nossa Senhora da Conceição – Grupo Hospitalar Conceição, sob o número 70361623.5.0000.5530.

Cálculo da pegada de carbono estimada

A PC dos DIs foi calculada multiplicando-se a massa do GEE pelo seu PAG – medida da capacidade de aquecimento de um gás em relação ao dióxido de carbono. O resultado foi dado em CO₂ equivalente (CO₂-eq), que é um termo usado para estimar a quantidade de massa de CO₂ que seria necessária para causar o mesmo aquecimento, em um período de tempo, que o GEE em questão. Emissão CO₂-equivalente é uma escala comum para comparar as emissões de diferentes GEEs, mas não implica a equivalência da mudança climática correspondente, já que isso leva em conta também o tempo que o gás permanece na atmosfera (CO₂ e HFA permanecem por tempos diferentes, mas ambos por mais de uma década)^{16,24}. Por exemplo, sabe-se que o PAG do HFA-134a é 1.300, o que significa que uma tonelada de HFA134a aquece 1.300 vezes mais a atmosfera do que a mesma uma tonelada de CO₂ aqueceria. O tempo de vida desse gás na atmosfera é de 14 anos, logo, esse calor ficaria aprisionado na atmosfera por um período de 14 anos²⁵.

Para uma análise mais integral da PC de um produto, além de avaliar a quantidade de GEE presente nele e seu respectivo PAG, poderiam ser avaliadas todas as emissões consequentes da sua cadeia de produção (CO₂ eliminado pela indústria ao produzi-lo e transportá-lo até os consumidores finais). No entanto, a análise considerando todo o ciclo de produção do produto é complexa e foge do escopo deste estudo. Portanto, nesse trabalho foi analisada a PC referente unicamente ao GEE presente nos DI tipo pMDI, calculando o CO₂-eq.

A massa do gás HFA-134a nos DI pode variar conforme o laboratório e sua composição, contendo ou não álcool, mas ambas as informações não são disponibilizadas publicamente pelos diferentes laboratórios que alimentam o SUS. Assim, foi necessário explorar a literatu-

ra para descobrir a quantidade (massa) média de gás HFA-134a em cada DI para estimar sua PC. Por meio de estudos que consideraram os DI cheios e vazios *in vitro* para estimar a quantidade (massa) do gás HFA-134a²⁶, sabe-se que dispositivos que contêm álcool necessitam de menor quantidade de gás propelente HFA-134a (são considerados do tipo de baixo volume – 6.68-8.5g), e dispositivos sem álcool, por consequência, apresentam maior quantidade de HFA-134a (dispositivos de alto volume – 17.32-19.8g), com maior PC¹⁸. A estimativa da PC dos dispositivos – tanto de alto volume (sem álcool) como de baixo volume (com álcool) – foi feita multiplicando a massa do gás HFA-134a pelo seu PAG, publicado no quinto relatório do IPCC.

Aquisição dos dados de dispensação dos medicamentos

Dados sobre a quantidade de dispositivos de sulfato de salbutamol e dipropionato de beclometasona dispensados na rede SUS (Farmácia Popular e SUS como um todo) no Brasil e em POA em 2019 foram requeridos através da plataforma integrada de ouvidoria e acesso à informação do governo federal (portal Fala.BR)²⁷, conforme previsto na Lei de Transparência de Dados. As informações referentes às dispensações da Farmácia Popular foram disponibilizadas no dia 23 de maio de 2022 pela Coordenação do Programa Farmácia Popular do Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos e pela Coordenação-Geral de Assistência Farmacêutica Básica (CGA-FB/DAF/SCTIE/MS), ambas as coordenações vinculadas ao Ministério da Saúde (MS)/Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos/Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde.

No dia 12 de agosto de 2022, foram disponibilizados os dados referentes às dispensações da rede “SUS como um todo” no Brasil e em POA no ano de 2019. Os dados foram extraídos por esses órgãos do MS da Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica (BNAFAR) e fornecidos às pesquisadoras, apresentados nos materiais suplementares (anexos A e B, arquivos 1, 2, 3, 4 e 5, disponíveis no Dataverse da Ciência & Saúde Coletiva). Consideram-se dados de dispensação “no SUS como um todo” as dispensações registradas que ocorrem majoritariamente no âmbito das farmácias do SUS que assistem a APS, com exceção dos medicamentos da Farmácia Popular, podendo haver subestimação dos registros por parte de

alguns municípios.

Análise dos dados

Os dados fornecidos pelo MS se referiam ao total de dispensações de DI de cada medicamento (salbutamol 100 mcg; beclometasona 250 mcg; beclometasona 200 mcg e beclometasona 50 mcg), não especificando de qual laboratório nem se são de alto ou de baixo volume.

Foi somada a quantidade total de dispensação de salbutamol e beclometasona pelo SUS e Farmácia Popular no Brasil e em POA (RS) separadamente. Para estimar a PC dos pMDIs de salbutamol no Brasil e em POA, primeiramente foi multiplicada a PC de cada dispositivo de salbutamol de alto volume pela quantidade total de dispensação de Salbutamol pelo SUS como um todo e Farmácia Popular no Brasil, e separadamente em POA; depois foi multiplicada a PC de cada dispositivo de salbutamol de baixo volume pela mesma quantidade total de dispensação de salbutamol, considerando, alternativamente à hipótese do cálculo anterior, que todas as dispensações de salbutamol fossem do subtipo baixo volume.

O mesmo foi feito para a beclometasona. As variadas apresentações de beclometasona (50 mcg, 200 mcg e 250 mcg) se referem a diferentes quantidades de medicamento no dispositivo, não à quantidade de HFA-134a, logo, para cálculo da PC podem ser somados como iguais. Depois disso foi somada a PC dos frascos de salbutamol e beclometasona considerando hipoteticamente que fossem todos de alto volume, tendo como resultado a PC das dispensações de pMDIs caso todos fossem de alto volume, e na sequência foi somada a PC dos frascos de salbutamol e beclometasona considerando todos de baixo volume. Do intervalo entre esses valores origina-se o dado buscado no presente estudo: a PC dos DI do tipo pMDI fornecidos pelo SUS e pela Farmácia Popular no Brasil e em POA em 2019.

Cálculo de equivalências da pegada de carbono

Para calcular as equivalências das pegadas de carbono dos DI utilizados para o tratamento da asma e DPOC do tipo pMDI (salbutamol e beclometasona) no Brasil de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade (a) de emissões de gases de efeito estufa, (b) de emissão de CO₂, (c) de evitação de emissão de gases de efeito estufa e (d) de sequestro de carbono foi utilizada a calculadora *online* estaduni-

dense²⁸. As medidas da calculadora foram adaptadas para as equivalentes utilizadas no Brasil (ex.: milhas para quilômetros) e, para calcular a distância dos pontos mais extremos de Norte (Cabrai) a Sul (Chuí), foi considerada a distância em linha reta, que é 4.378,41 km.

Análise de custos

A fim de estimar quanto custaria financeiramente a substituição de pMDIs por DPIs, optou-se por utilizar as medicações de salbutamol e beclometasona como pMDIs e de formoterol + budesonida como DPI, com foco no tratamento da asma. O preço que o SUS pode pagar, de forma geral, considerando o menor e o maior preço possível por dose, é: R\$ 0,16-0,22 reais/dose (jato) de beclometasona 250 mcg (havendo preços mais ou menos elevados para as doses de beclometasona 50 mcg ou de 200 mcg); R\$ 0,083-0,11 reais/dose (jato) de salbutamol 100 mcg; e R\$ 1,05-1,83 reais/dose (cápsula) de formoterol + budesonida (considerando uma média dos preços mais baixos e mais altos conforme a dose de 6 mcg + 200 mcg ou 12 mcg + 400 mcg). Os valores absolutos por frasco foram extraídos da tabela de preço máximo de venda ao governo (PMVG) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)²⁹ e divididos pelo número de doses em cada frasco.

A quantidade de doses utilizadas para o tratamento de asma varia muito de acordo com a idade, o estadiamento e o nível de controle da doença. Dessa forma, optou-se por considerar que em média um indivíduo utilize 181 doses (jatos) de salbutamol e 60 doses (jatos) de beclometasona por mês, que poderia ser substituído por 60 doses (cápsulas) de formoterol + budesonida. Optou-se por estimar essas doses mensais porque o formoterol + budesonida é comumente usado com uma dose duas vezes ao dia (totalizando 60 doses/mês), a beclometasona usualmente é utilizada com uma dose duas vezes ao dia (podendo ser usado de zero a quatro doses por aplicação duas vezes no dia), o salbutamol é utilizado de forma não fixa (usualmente quatro jatos por aplicação, conforme sintomas, de até quatro em quatro horas), e a quantidade de salbutamol prescrita a mais que beclometasona segue a proporção de dispensação desses medicamentos pelo SUS como um todo por ano encontrado nessa pesquisa: dispensa-se 3,02 vezes mais salbutamol que beclometasona.

Para estimar a redução de custos de internações por asma ocasionada pela troca por inaladores em DPIs, calculou-se a redução de 37%

(taxa de redução de internações associada ao efeito relacionado à substituição de salbutamol e beclometasona por formoterol + budesonida)¹⁷ ao custo total das internações por asma em 2013, dado mais recente da literatura, em estudo que analisou a base de dados do DATASUS³⁰.

Resultados

Foram efetuados discriminadamente os cálculos de quantidades de unidades e suas referentes pegadas de carbono de acordo com a medicação (salbutamol ou beclometasona), o local geográfico, a farmácia de dispensação e considerando como se todas fossem de alto ou baixo volume de HFA-134a. Percebe-se que a maior dispensação ocorre na Farmácia Popular, referente à medicação salbutamol, que, consequentemente, tem maior PC em comparação com a beclometasona, tanto no Brasil como em POA, proporcionalmente (Tabela 1).

A prescrição de inaladores pMDI no âmbito do SUS em 2019 resultou em emissões de CO₂-eq entre 24.889.141 e 60.878.728 toneladas em todo o território brasileiro (Tabela 2; valores se todos os dispositivos fossem de baixo ou alto volume), o que equivale a percorrer de 23 a 57 milhões de vezes a distância entre os extremos Norte e Sul do Brasil em um veículo a gasolina convencional, entre outras comparações com medidas de emissão ou de sumidouro de carbono (Figura 1 e Tabela Suplementar Anexo C, disponível no Dataverse da Ciência & Saúde Coletiva).

Além disso, em POA, a prescrição desses dispositivos resultou em emissões entre 459.830 e 1.151.008 toneladas (Tabela 2), correspondendo a percorrer a distância entre o Norte e o Sul do Brasil entre 433 mil e 1 milhão de vezes com um veículo a gasolina convencional (Figura 2 e Tabela Suplementar Anexo C, disponível no Dataverse da Ciência & Saúde Coletiva).

Em relação ao custo estimado da substituição de toda a quantidade de pMDIs dispensados por ano pelo SUS considerando todo o Brasil (R\$ 45.225.797.274,60 a R\$ 60.813.582.654,00) por DPIs (formoterol + budesonida), aumentaria de 155,86% a 231,62%, totalizando R\$ 115.642.641.030,00 a R\$ 201.671.137.886,11, considerando sempre os menores e maiores valores para cada medicação.

Já o custo total das 129.728 hospitalizações por asma em todas as faixas etárias, desconsiderando custos indiretos (diminuição da produtividade por faltas ao trabalho e escolares e

Tabela 1. Soma das quantidades dispensadas de salbutamol 100mcg e beclometasona (50 mcg, 200 mcg, 250 mcg e 400 mcg aerossol pMDI) pela Farmácia Popular e pelo SUS em 2019 no Brasil e em Porto Alegre.

Medicação	Local	Dispensação	Quantidade de frascos (unidades)	Total - Quantidade de frascos (unidades)	Pegada de carbono – todos baixo volume** (kg de CO2eq)	Pegada de carbono – todos alto volume* (kg de CO2eq)
Salbutamol aerossol (pMDI)	Brasil	Farmácia Popular	1.662.341.600	1.662.895.271	16.628.952.710	46.561.067.588
		SUS	553.671			
	Porto Alegre	Farmácia Popular	33.069.800	33.184.567	331.845.670	929.167.876
Beclometasona aerossol (pMDI)	Brasil	Farmácia Popular	549.249.500	550.679.243	8.260.188.645	14.317.660.318
		SUS	1.429.743			
	Porto Alegre	Farmácia Popular	8.492.800	8.532.307	127.984.605	221.839.982
		SUS	39.507			

* Alto volume para salbutamol = 28 kg de CO2-eq/inalador. Alto volume para beclometasona = 26 kg CO2-eq/inalador.

** Baixo volume para salbutamol = 10 kg de CO2-eq/inalador. Baixo volume para beclometasona = 15 kg de CO2-eq/inalador.

Fonte: Autores.

Tabela 2. Resultado final da pegada de carbono estimada dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da asma e DPOC do tipo pMDI (salbutamol e beclometasona) dispensados pela Farmácia Popular e pela rede SUS no Brasil e em Porto Alegre em 2019.

	Pegada de carbono todos baixo volume** (kg de CO2eq)	Pegada de carbono todos alto volume* (kg de CO2eq)
Brasil	24.889.141.355	60.878.727.906
Porto Alegre	459.830.275	1.151.007.858

* Alto volume para salbutamol = 28 kg de CO2-eq/inalador. Alto volume para Beclometasona = 26 kg CO2-eq/inalador.

** Baixo volume para salbutamol = 10 kg de CO2-eq/inalador. Baixo volume para beclometasona = 15 kg de CO2-eq/inalador.

Fonte: Autores.

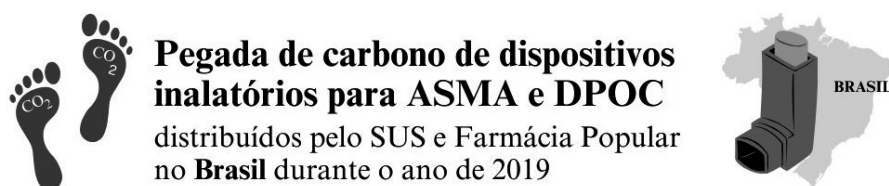
mortalidade precoce), no ano de 2013, foi de R\$ 69.566.007,37 (média de R\$ 519,57 por internação)³⁰. Por outro lado, considerando a taxa de redução de internações pela troca do uso diário de beclometasona associada a salbutamol de resgate pelo uso de formoterol + budesonida, disponíveis em DPI, de 37%^{17,31}, pode-se estimar que reduziria R\$ 25.739.422,00 em custos de internação hospitalar para o sistema de saúde por ano.

Discussão

Estimou-se que a prescrição de pMDI para o tratamento de patologias respiratórias como asma e DPOC no SUS em 2019 resultou em

aproximadamente 24.889-60.878 quilotoneladas (kt) de CO2-eq liberados na atmosfera em todo o Brasil e 459-1.151 kt CO2-eq em POA. Esse valor reflete um padrão de prescrição relacionado ao uso salbutamol (disponível no SUS na forma de pMDI) como tratamento de primeira escolha para alívio rápido dos sintomas/resgate e da beclometasona como primeira opção para o tratamento de manutenção (também mais disponível no SUS na forma de pMDI).

Comparativamente, as emissões domésticas em 2019 foram de 1.300 kt CO2-eq no Reino Unido, 520 kt CO2-eq na França e 450 kt CO2-eq na Alemanha³². Na Europa, a proporção de pMDI entre os inaladores é de aproximadamente 40%-50%, no Reino Unido, cerca de 70%,



Pegada de carbono de dispositivos inalatórios para ASMA e DPOC

distribuídos pelo SUS e Farmácia Popular no **Brasil** durante o ano de 2019



Figura 1. Equivalências das pegadas de carbono dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da asma e DPOC do tipo pMDI (salbutamol e beclometasona) no Brasil, de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa, de emissão de CO₂, de evitação de emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.

Fonte: Autores.

no Japão é 22,6% e, na Suécia, 13%, sendo esses últimos exemplos de países que já apresentam predominância de outros tipos de inaladores mais sustentáveis³². A proporção de pMDI no SUS é provavelmente muito maior do que nesses países, e o número de medicamentos dispensados é proporcionalmente mais elevado porque a

população brasileira é bem maior, o que justificaria a pegada de carbono dos inaladores pMDI do país ser bastante superior quando comparada com a outros países.

No tocante à experiência de outros países em relação ao tema, percebe-se que as emissões são com frequência evitáveis, substituindo para



Figura 2. Equivalências das pegadas de carbono dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da asma e DPOC do tipo pMDI (salbutamol e beclometasona) em Porto Alegre, de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa, de emissão de CO₂, de evitação de emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.

Fonte: Autores.

dispositivos menos poluentes³³. Comparando a proporção de prescrição de pMDIs na Inglaterra (70%) em relação à Suécia (13%), estima-se que, caso a Inglaterra adotasse o padrão de prescrição sueco (dando preferência aos DPIs sempre que adequado ao paciente), evitaria-se a emissão de 422 kg CO₂-eq por paciente por ano³⁴.

Comparativamente, a ação individual de trocar um pMDI por um DPI poderia evitar que 150 a 400 kg CO₂-eq fossem despejados na atmosfera ao ano, o que seria o equivalente a esse indivíduo passar a ter o hábito de reciclar, adotando coleta seletiva ou cortando o consumo de carne vermelha em sua vida durante o tempo de

tratamento³⁵. Ainda, o sistema de saúde inglês (NHS) teve a meta de, até 2022, ao menos 50% dos inaladores prescritos serem de baixo potencial de aquecimento global¹⁶, a fim de zerar as emissões do NHS até 2045³⁶. Uma liga de instituições de saúde os seguiu no comprometimento pela busca da “emissões zero” no Brasil por meio do Projeto Hospitais Saudáveis e da Rede Global de Saúde Sem Dano³⁷. Sete instituições de saúde aderiram ao desafio, tendo como meta reduzir as emissões de GEE em 50% até 2030 e zerar as emissões até 2050³⁸.

Para além da pegada de carbono, o custo é uma preocupação em relação ao tema, visto que os DPIs são mais caros comparados aos pMDI. No que diz respeito ao aumento do custo para transição de pMDIs para DPIs, deve-se considerar que formoterol + budesonida, disponíveis em DPIs, diminuem em 37% as taxas de internação hospitalar, comparado ao uso diário de beclometasona associado a salbutamol de resgate^{17,31}, o que geraria uma economia de R\$ 25.739.422,00 para o sistema de saúde em um ano. Deve-se considerar também a economia adicional por custos indiretos associados à redução das internações, como diminuição da produtividade por faltas ao trabalho e escolares e mortalidade precoce, e ponderar que provavelmente pode haver a diminuição de consultas ambulatoriais e a redução do uso de medicamentos corticoides orais, já que os pacientes têm um melhor controle da doença com o uso de formoterol + budesonida, que é primeira escolha no tratamento de asma e diminui o risco de exacerbações graves¹⁹.

Outros países realizaram esta estimativa de custo de substituição de pMDI para DPI trocando exatamente a mesma medicação no seu formato pMDI para DPI, essa, porém, não é a realidade das medicações disponíveis no SUS. Dessa forma, o Reino Unido, que tem 70% de prescrição de pMDIs, verificou que a troca de 10% das suas medicações em pMDI para DPI poderia resultar em diminuição (8,2 milhões de libras por ano) ou aumento (12,7 milhões de libras por ano) de custos, conforme a marca do medicamento utilizado, havendo opções mais baratas do que outras no mercado¹⁸. No Japão, estima-se que a redução de 10% da prescrição de pMDIs na população entre 14 e 74 anos, que já é baixa (22,6%), preveniria a emissão de 12,4 kt CO₂-eq e implicaria um aumento de 1,4% do custo devido à substituição dos pMDIs por DPIs³².

Além disso, para uma análise de custo-efetividade adequada, devem também ser considerados outros aspectos, como o aproveitamento/

desperdício da medicação relacionado à técnica inalatória e impactos das MC na economia a longo prazo, sendo importante um olhar ampliado dentro da saúde pública¹⁸. Estudos demonstram que 65 a 72% dos pacientes cometem erros ao usar os inaladores, e em 30 a 32% dos casos esses erros são significativos a ponto de prejudicar a efetividade do tratamento³⁹. Comparando a taxa de erros na técnica inalatória entre diferentes dispositivos, 96% dos pacientes conseguem realizar os passos corretamente no uso de DPIs, contra apenas 24% do grupo pMDI⁴⁰.

Alguns problemas são identificados quanto ao uso dos pMDI: a técnica inalatória requer coordenação da ativação da liberação do medicamento com concomitante inspiração lenta e prolongada, e alguns pacientes não inalam por tempo suficiente após a ativação do dispositivo, o que leva à deposição orofaríngea do fármaco e resulta em administração ineficiente da medicação. Além disso, aqueles contendo corticoide inalatório (CI) propiciam proliferação de fungos e candidíase oral. Estima-se que, na maioria dos pacientes, apenas cerca de 10% da dose chegue aos pulmões, enquanto 80% permanecem na orofaringe, embora isso varie dependendo do dispositivo de preparação e aplicação⁴¹.

Além disso, nos pMDIs mais comuns e dispensados pelo SUS, não é possível visualizar no dispositivo quantas doses ainda restam, podendo fazer com que alguns pacientes continuem usando o dispositivo apesar de não haver mais medicamento, ou então descartam o inalador com doses remanescentes inutilizadas, gerando desperdício⁴²⁻⁴⁴. Um estudo encontrou um dado alarmante que revelou que 40% dos pacientes acreditam estar usando sua medicação para asma quando estão na verdade ativando um frasco pMDI vazio, sendo algo muito relevante para a saúde⁴⁴. No que concerne aos DPIs, vale ressaltar que é necessário capacidade pulmonar para gerar fluxo inspiratório adequado, o que pode ser difícil para crianças pequenas, muitos idosos ou pacientes com distúrbio de força, limitando seu uso nesses grupos^{45,46}. Entretanto, a problemática existente nos pMDIs referente à necessidade de coordenar a inspiração com a ativação manual do dispositivo em tempo sincronizado é excluída, visto que a própria inspiração é o mecanismo de ativação⁴⁷.

Pensando nos pilares ESG (*environmental, social and governance*), em relação ao pilar social associado ao financeiro, tem-se o “custo social do carbono” (CSC), medido em dólar por tonelada de carbono, que é uma estimativa dos danos monetários associados ao aumento

nas emissões de carbono em um ano. Análise da agência norte-americana responsável pelo assunto estimou média de US\$ 25,8 por tonelada de carbono para o ano de 2019⁴⁸. Segundo relatório da ONU, cada dólar investido em restauração cria até US\$ 30 em benefícios econômicos⁴⁹. Logo, é provável que a redução dos GEE dos medicamentos inaladores resulte em benefícios econômicos significativos, evitando gastos em preservação ou recuperação da saúde do planeta e das pessoas, em função das mudanças climáticas.

Para fins de comparação, a mais recente catástrofe climática no Brasil, as enchentes no Rio Grande do Sul, custaram ao governo R\$ 12,8 bilhões, segundo dados da confederação nacional dos municípios⁵⁰. Portanto, se forem considerados os custos das externalidades negativas dos pMDIs ao planeta e, conseqüentemente, à saúde das pessoas, o custo dos pMDIs pode superar o custo dos DPIs. Ou seja, deve-se levar em consideração o CSC na análise de custos também durante a escolha dos medicamentos dispensados pelo SUS.

Ainda em relação ao custo, tem-se outro pilar do ESG: a governança corporativa, na qual as instituições devem adotar uma abordagem sustentável na sua gestão, considerando os impactos ambientais e sociais de suas operações, além de garantir a transparência e a responsabilidade na gestão corporativa²¹.

Em relação à asma, a opção terapêutica de salbutamol e/ou beclometasona (pMDI) deixou de ser primeira escolha de tratamento desde 2020, quando o GINA^{51,52} apontou, baseado em achados científicos com adequado nível de evidência, para um avanço no tratamento em direção a melhores resultados nos indicadores de saúde da asma. Entre as opções de primeiro *step* para a asma, o uso de formoterol + budesonida (disponível na forma de DPI) é a opção mais recomendada e preferida pela atual diretriz, em vez de depender apenas de medicações em pMDI. Essa recomendação surgiu do observado benefício clínico com o seu uso: redução de hospitalizações em 37% e exacerbações graves de asma com necessidade de uso de corticóides orais⁵². Em relação à DPOC, o tratamento tanto de manutenção e prevenção quanto para alívio rápido é baseado nos beta-agonistas e antimuscarínicos de longa ação (LABAs e LAMAs respectivamente), que são disponíveis amplamente na forma de DPIs e alguns em SMI¹⁹.

Os DPIs formoterol + budesonida, umeclidínio + vilanterol e smi olodaterol + tiotrópio são disponibilizados pelo SUS em Farmácias de

Medicamentos Especiais de alguns estados do Brasil, como a do Rio Grande do Sul, para os CIDs de asma (somente formoterol + budesonida) e DPOC (todos os medicamentos citados), mediante apresentação de laudos e exames, processo que exige maior trabalho burocrático do prescritor e demora da liberação da medicação para o paciente. Em um contexto como o da APS no SUS, em que o profissional precisa lidar com a pressão de gerenciar o tempo de consultas, esse processo pode enviesar a escolha preferencial do prescritor, sendo uma perspectiva prática de vital importância.

Este estudo tem algumas limitações. Primeiramente, a quantidade de HFA-134a presente nos DI não é um dado publicamente disponível nas bulas das medicações, existindo o risco de variar conforme o laboratório. Para sua estimativa, foram utilizados dados da literatura inglesa^{6,53-56}. É importante reiterar, portanto, que o resultado é uma estimativa, visto que o SUS dispensa medicamentos de diferentes laboratórios e pode haver pequenas diferenças na fórmula e na quantidade de gás no produto final.

Além disso, os dados de dispensação obtidos “no SUS como um todo” pelo BNAFAR, que exclui as dispensações da Farmácia Popular, são majoritariamente de dispensação na APS. No entanto, a depender da organização e gestão locais, não é possível excluir que alguns locais contabilizem os dados dispensados em UPAS ou hospitais. Vale frisar que, durante exacerbações agudas severas de asma e DPOC no cenário de urgência e emergência, o uso de broncodilatores de curta ação como resgate (disponíveis como salbutamol pMDI) é o mais estudado e se faz adequado. Além disso, nem todos os municípios transmitem seus dados ao BNAFAR, o que leva a uma subestimação do número de dispensações. É sabido que as dispensações referentes a Farmácia Popular correspondem a prescrições do nível ambulatorial.

Secundariamente, para o cálculo da PC, multiplicou-se a quantidade do gás propelente pelo seu PAG. Não foi calculado a PC total dos medicamentos, que contabiliza a energia consumida para sua fabricação e transporte. Logo, o dado apresentado aqui pode ser considerado significativamente subestimado, apesar de que, se houvesse a troca para DPI ou SMI, a PC de sua fabricação e transporte provavelmente se equivaleria. Esperamos que, identificada a lacuna da ausência desses dados no cenário brasileiro, este estudo incentive novas pesquisas.

Em terceiro lugar, infelizmente, não foram fornecidos dados da dispensação de todos os di-

ferentes tipos de inaladores dispensados no SUS no Brasil, como os dados de formoterol com budesonida (DPI) ou olodaterol com tiotrópio (SMI), para que fosse possível calcular a porcentagem de dispensação de pMDI em relação ao total e, adicionalmente, estimar quanto haveria de redução se o Brasil adotasse o padrão de outros países. Também não foi possível calcular a emissão de CO₂ por paciente e comparar esse dado com o de outros países, pois os dados que nos foram fornecidos pelo governo brasileiro descrevem apenas o número de dispositivos dispensados, sem o detalhamento de quantas pessoas receberam os medicamentos.

E por último, o cálculo de custo da substituição dos pMDIs para DPIs é uma estimativa (podendo estar super ou subestimada), tendo em vista que não foi fornecida a informação de quantos indivíduos foram beneficiados com a prescrição de salbutamol e/ou beclometasona e não se sabe qual o padrão de prescrição in-

dicado para cada um, conforme o estadiamento de sua asma. Também se sugere que projetos futuros efetuem cálculos mais apurados de custos considerando as externalidades negativas dos pMDIs.

O material primário e os detalhamentos metodológicos trabalhados para chegar aos resultados apresentados neste artigo estão compartilhados em um repositório de dados certificado, fazendo parte do processo denominado Ciência Aberta.

Esta pesquisa teve o caráter inovador de procurar desvelar a grande pegada de carbono associada ao tratamento da asma no SUS ao dispensar preferencialmente pMDIs, além de realizar estimativas de custo. A troca de pMDIs por DPIs ou SMIs traz benefícios clínicos ao controle de asma e DPOC e seria uma medida efetiva de mitigação pelos serviços de saúde em relação às mudanças climáticas, promovendo melhor saúde pública e planetária a todos.

Colaboradores

P Flávia e TPB Silva: concepção, desenho do projeto, aquisição, análise e interpretação dos dados, redação do artigo e aprovação da versão final. EF Barros, KP Patrício e RB Zandavalli: concepção, desenho do estudo, análise e interpretação dos dados, revisão crítica e aprovação da versão final.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados deste artigo está disponível no repositório SciELO Data, no Dataverse da Ciência & Saúde Coletiva, no link: <https://doi.org/10.48331/SCIELODATA.OVAOFJ>.

Referências

- Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R, Friel S, Groce N, Johnson A, Kett M, Lee M, Levy C, Maslin M, McCoy D, McGuire B, Montgomery H, Napier D, Pagel C, Patel J, Antonio J, Oliveira A, Redclift N, Rees H, Rogger D, Scott J, Stephenson J, Twigg J, Wolff J, Patterson C. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. *Lancet* 2009; 373(9676):1693-733.
- Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, Chaytor S, Colbourn T, Collins M, Cooper A, Cox PM, Depledge J, Drummond P, Ekins P, Galaz V, Grace D, Graham H, Grubb M, Haines A, Hamilton I, Hunter A, Jiang X, Li M, Kelman I, Liang L, Lott M, Lowe R, Luo Y, Mace G, Maslin M, Nilsson M, Oreszczyn T, Pye S, Quinn T, Svensdotter M, Venevsky S, Warner K, Xu B, Yang J, Yin Y, Yu C, Zhang Q, Gong P, Montgomery H, Costello A. Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet* 2015; 386(10006):1861-1914.
- Barros EF. *Saúde planetária: um novo campo de estudos nas Ciências da Vida?* [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2019.
- Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, de Vries W, de Wit CA, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Rayers B, Sörlin S. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 2015; 347(6223):1259855.
- Pörtner H, Roberts DC, Poloczanska ES, Mintenbeck K, Tignor M, Alegria A, Craig M, Langsdorf S, Löschke S, Möller V, Okem A, Rama B, editors. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press; 2022.
- Romanello M, Di Napoli C, Drummond P, Green C, Kennard H, Lampard P, Scamman D, Arnell N, Aye-b-Karlsson S, Ford L, Grace D, Haines A, Hartinger S, Hess J, Jamshidi E, Kiesewetter G, Kjellstrom T, Kniveton D, Lemke B, Lowe R, Martinez-Urtaza J, Maslin M, McAllister L, McGushin A, Jankin Mikhaylov S, Milner J, Moradi-Lakeh M, Morrissey K, Munzert S, Neville T, Nilsson M, Sewe MO, Sobhani P, Tabatabaei M, Taylor J, Trinanes J, Wilkinson P, Gong P, Montgomery H, Costello A, Watts N. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *Lancet* 2022; 400(10363):1619-1654.
- Myers SS. Planetary health: protecting human health on a rapidly changing planet. *Lancet* 2017; 390(10114):2860-2868.
- Karliner J, Slotterback S, Boyd R, Ashby B, Steele K, Wang J, Marks J, Hamelmann C. *Health care's climate footprint: how the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action* [Internet]. 2019 [cited 2025 out 13]. Available from: https://global.noharm.org/sites/default/files/documents-files/5961/HealthCaresClimateFootprint_092319.pdf
- United States Environmental Protection Agency (EPA). *Understanding Global Warming Potentials*. Washington (DC): EPA; 2016.
- British Medical Association (BMA). *Sustainable and environmentally friendly general practice report*. London: BMA; 2019.
- National Institute for Health and Care Excellence (NICE), British Thoracic Society (BTS), Healthcare Improvement Scotland (HIS). *Asthma inhalers and climate change*. London: NICE; 2022.
- National Health Service (NHS). *Delivering a "Net Zero" National Health Service*. London: NHS England; 2020.
- Walpole SC, Smith K, McElvaney J, Taylor J, Doe S, Tedd H. An investigation into hospital prescribers' knowledge and confidence to provide high-quality, sustainable respiratory care. *Future Healthc J* 2021; 8(2):e272-e276.
- Rasheed FN, Baddley J, Prabhakaran P, De Barros EF, Reddy KS, Vianna NA, Goudey C, Mahmood S, Allen LN, Yellappa V, Rizvi SS, Rahman A, Riaz BK, Islam A, Khatun F, Mashreky SR, Dutt D, Kaur P, Purohit N, Sheikh K. Decarbonising healthcare in low and middle income countries: potential pathways to net zero emissions. *BMJ* 2021; 375:n1284.
- Bodkin H. Asthma inhalers as bad for the environment as 180-mile car journey, health chiefs say [Internet]. 2019 [cited 2023 dez 11]. Available from: <https://www.telegraph.co.uk/news/2019/04/08/asthma-inhalers-bad-environment-180-mile-car-journey-health/>
- Environmental Audit Committee. *UK Progress on reducing F-gas Emissions: Fifth Report of Session 2017-19*. London: House of Commons; 2018.
- Global Initiative for Asthma. *Global strategy for asthma management and prevention*. Fontana: Global Initiative for Asthma; 2023.
- Wilkinson AJK, Braggins R, Steinbach I, Smith J. Costs of switching to low global warming potential inhalers: an economic and carbon footprint analysis of NHS prescription data in England. *BMJ Open* 2019; 9(10):e028763.
- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. *Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2020 report)* [Internet]. 2020 [cited 2023 dez 12]. Available from: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2019/12/GOLD-2020-FINAL-ver1.2-03Dec19_WMV.pdf
- Taylor T, Mackie P. Carbon footprinting in health systems: one small step towards planetary health. *Lancet Planet Health* 2017; 1(9):e357-e358.
- Pacto Global Rede Brasil. ODS & Empresas: ESG [Internet]. [acessado 2023 dez 12]. Disponível em: <https://pactoglobal.org.br/pg/esg>
- United Nations Environment Programme. *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies*. Nairobi: UNEP; 2022.
- World Health Organization (WHO). *COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate action*. Geneva: WHO; 2021.

24. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H, Roberts D, Skea J, Shukla PR, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, Pidcock R, Connors S, Matthews JBR, Chen Y, Zhou X, Gomis MI, Lonnoy E, Maycock T, Tignor M, Waterfield T. *Global warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Geneva: IPCC; 2019.
25. Mertz B, Kuijpers L, Solomon S, Andersen SO, Davidson O, Pons J, Manning M, Berringer F, Collin J, Derwent R, Fraser P, Grewe V, Harnisch J, Heathfield A, Hein R, Hu J, Isaksen I, Jackman C, Kanako H, Ko M, Kruger T, Lal S, Maione M, McCulloch A, Montzka S, Orkin V, Prather M, Reeves C, Reimann S, Rodhe H, Russell J, Stordal F, Sturges W, Velders G, Weiss R, Wuebbles D, Yvon-Lewis S. *Safeguarding the ozone layer and the global climate system*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005.
26. Sellers WFS. Asthma pressurised metered dose inhaler performance: propellant effect studies in delivery systems. *Allergy Asthma Clin Immunol* 2017; 13(1):30.
27. Controladoria Geral da União. Fala.BR – Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação [Internet]. [acessado 2023 dez 12]. Disponível em: <https://falabr.cgu.gov.br/web/home>
28. United States Environmental Protection Agency (EPA). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator – Energy and the Environment [Internet]. 2023 [cited 2023 dez 12]. Available from: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
29. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Preços de medicamentos [Internet]. [acessado 2024 jul 27]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/medicamentos/cmed/precos>
30. Cardoso TA, Roncada C, Silva ER, Pinto LA, Jones MH, Stein RT, Pitrez PM. Impacto da asma no Brasil: análise longitudinal de dados extraídos de um banco de dados governamental brasileiro. *J Bras Pneumol* 2016; 42(2):114-121.
31. Crossingham I, Turner S, Ramakrishnan S, Fries A, Gowell M, Yasmin F, Richardson R, Webb P, O'Boyle E, Hinks TSC. Combination fixed-dose β agonist and steroid inhaler as required for adults or children with mild asthma: a Cochrane systematic review. *BMJ Evid Based Med* 2022; 27(3):178-184.
32. Nagasaki K, Kaji Y, Wada Y, Sasaki T. The environmental impact of inhaler replacement: A carbon footprint and economic calculation of the National Database of Health Insurance Claims in Japan. *J Gen Fam Med* 2023; 24(4):207-214.
33. Pernigotti D, Stonham C, Panigone S, Papi A, Nicolini G, Scichilone N, Canonica GW, Usmani OS. Reducing carbon footprint of inhalers: analysis of climate and clinical implications of different scenarios in five European countries. *BMJ Open Respir Res* 2021; 8(1):e001071.
34. Janson C, Henderson R, Löfdahl M, Hedberg M, Sharma R, Wilkinson AJK. Carbon footprint impact of the choice of inhalers for asthma and COPD. *Thorax* 2020; 75(1):82-84.
35. Wynes S, Nicholas KA. The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions. *Environ Res Lett* 2017; 12(7):074024.
36. United Kingdom. Health and Care Act 2022. c.32, Part 1, NHS England, Section 9 [Internet]. 2022. [cited 2023 dez 12]. Available from: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2022/31/contents/enacted>
37. Hospitais Saudáveis. Desafio à saúde pelo clima [Internet]. 2023 [acessado 2023 dez 12]. Disponível em: <https://www.hospitaissaudaveis.org/DesafioClima>
38. Saúde Sem Dano. Encontro global: organizações de saúde de todo o mundo se unem para traçar o caminho para a ação climática [Internet]. 2023 [acessado 2023 dez 12]. Disponível em: <https://saudesemdano.org/encontro-global>
39. Sanchis J, Gich I, Pedersen S. Systematic Review of Errors in Inhaler Use. *Chest* 2016; 150(2):394-406.
40. Van Der Palen J, Klein JJ, Kerkhoff AH, Van Herwarden CL. Evaluation of the effectiveness of four different inhalers in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1995; 50(11):1183-1187.
41. Pickering H, Pitcairn GR, Hirst PH, Bacon PR, Newman SP, Affrime MB, Punwani N, Kips J, O'Donnell W, Jadayel D. Regional lung deposition of a technetium 99m-labeled formulation of mometasone furoate administered by hydrofluoroalkane 227 metered-dose inhaler. *J Aerosol Med* 2000; 22(12):1483-1493.
42. Rickard KA. Not running on empty. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2006; 97(4):558-559.
43. Wilkinson A, Hillman T, Hopkinson NS, Janson C, Smith J, Woodcock AA. Our patients and our planet – holistic considerations for inhaler choice. *Lancet Respir Med* 2019; 7(3):e11.
44. Conner JB, Buck PO. Improving Asthma Management: The Case for Mandatory Inclusion of Dose Counters on All Rescue Bronchodilators. *J Asthma* 2013; 50(6):658-663.
45. Iwanaga T, Tohda Y, Nakamura S, Suga Y. The Respirimat® Soft Mist Inhaler: Implications of Drug Delivery Characteristics for Patients. *Clin Drug Investig* 2019; 39(11):1021-1030.
46. Lavorini F, Fontana GA, Usmani OS. New Inhaler Devices – The Good, the Bad and the Ugly. *Respiration* 2014; 88(1):3-15.
47. Laube BL, Dolovich MB. Aerosols and Aerosol Drug Delivery Systems. In: Adkinson NF, Bochner BS, Burks AW, Busse WW, Holgate ST, Lemanske Jr RE, O'Hehir RE, editors. *Middleton's Allergy: Principles and Practice*. Philadelphia: Elsevier; 2014. p. 1066-1082
48. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis. Under Executive Order 12866 [Internet]. 2010. [cited 2023 dez 12]. Available from: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-12/documents/scc_tsd_2010.pdf

49. United Nations Environment Programme. Becoming #GenerationRestoration: ecosystem restoration for people, nature and climate [Internet]. 2021 [cited 2023 dez 12]. Available from: <https://www.unep.org/resources/ecosystem-restoration-people-nature-climate>
50. Confederação Nacional de Municípios (CNM). Sobe para R\$ 1,1 bilhões prejuízo com as chuvas no RS [Internet]. 2024 [acessado 2024 jul 27]. Disponível em: <https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/sobe-para-r-11-bilhoes-prejuizo-com-as-chuvas-no-rs>
51. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention [Internet]. 2020 [cited 2024 ago 10]. Available from: https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2020/06/GINA-2020-report_20_06_04-1-wms.pdf
52. Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention [Internet]. 2021 [cited 2023 dez 12]. Available from: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/04/GINA-Main-Report-2021-V2-WMSA.pdf>
53. Akehurst RA, Taylor AJ, Wyatt DA. Aerosol formulations containing propellant 134a and fluticasone propionate. United States patent US5658549A. 1997 ago 19.
54. Brambilla G, Johnson R, Lewis DA. Aerosol inhalation device. United States patent US2014/0060531 A1. 2014 mar 6.
55. Brown MB, Jones SA, Martin GP. Metered dose inhalation preparations of therapeutic drugs. World Intellectual Property Organization patent WO2005055985A1. 2005 jun 23.
56. Thompson JA. Process for the production and screening of materials for use in pharmaceutical aerosol formulations. European patent EP1588698A2. 2005 out 26.
57. World Health Organization (WHO). Climate change and health [Internet]. 2023 [cited 2023 dez 12]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
58. World Health Organization (WHO), Civil Society Working Group to Advance Action on Health and Climate Change. A call for strengthening climate change education for all health professionals: an open letter to universities and all education stakeholders [Internet]. 2022 [cited 2023 dez 12]. Available from: <https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2022/06/Curriculum-letter.pdf>
59. Brasil. Ministério da Saúde (MS). Farmácia Popular: materiais publicitários – Rio Grande do Sul [Internet]. [acessado 2024 jul 27]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/farmacia-popular/materiais-publicitarios/rio-grande-do-sul>

Artigo apresentado em 09/04/2024

Aprovado em 13/09/2024

Versão final apresentada em 15/09/2024

Editores-chefes: Maria Cecília de Souza Minayo, Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva, Vânia de Matos Fonseca