

## **AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM UMA ORGANIZAÇÃO DE SAÚDE**

Jessica Camila Miranda Cardoso <sup>1</sup>

Karolyne Enir Serafim <sup>2</sup>

Nadiely Cristina Silva <sup>3</sup>

Simone Andréa Pozza <sup>4</sup>

Poluição Atmosférica

### *Resumo*

A temperatura global tem aumentado nas últimas décadas, devido ao aumento das concentrações dos gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CFCs e gases halogenados). Conseqüentemente, a temática das mudanças climáticas tem se intensificado e as organizações do setor de saúde buscam por alternativas com menores impactos atmosféricos. A realização de inventários de gases de efeito estufa (GEE) é uma etapa primordial para a tomada de medidas sustentáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente de um hospital, identificar as principais fontes diretas dos GEE e sugerir alternativas para redução delas. Um inventário foi elaborado com a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro *GHG Protocol*. No ano de 2023, o total de emissões do hospital foi de 1.669,56 tCO<sub>2</sub>e, sendo 765,60 tCO<sub>2</sub>e provenientes do Escopo 1 e 677,94 tCO<sub>2</sub>e do Escopo 3. Entre as emissões diretas totais, 691,42 tCO<sub>2</sub>e pertenciam à categoria das emissões fugitivas, cujas maiores fontes foram dois gases refrigerantes (R410A e HCFC-22/R22) e um gás anestésico (N<sub>2</sub>O). Para a redução das emissões, foi sugerida principalmente a substituição do HCFC-22, devido à sua capacidade de destruir a camada de ozônio. Outra sugestão foi a implementação de áreas internas com ventilação natural, para que haja redução no uso de aparelhos de ar-condicionado.

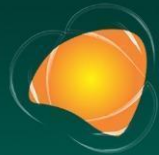
**Palavras-chave:** *GWP*; CO<sub>2</sub> equivalente; *GHG Protocol*; R410A; HCFC-22/R22.

<sup>1</sup>Estudante do curso de graduação em Engenharia Ambiental, na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP), [j220414@dac.unicamp.br](mailto:j220414@dac.unicamp.br).

<sup>2</sup>Estudante do curso de graduação em Engenharia Ambiental, na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP), [k254005@dac.unicamp.br](mailto:k254005@dac.unicamp.br).

<sup>3</sup>Estudante do curso de graduação em Engenharia Ambiental, na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP), [n138929@dac.unicamp.br](mailto:n138929@dac.unicamp.br).

<sup>4</sup>Professora Associada na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP), [spozza@unicamp.br](mailto:spozza@unicamp.br).



## INTRODUÇÃO

Segundo o Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), o aumento da temperatura global nas últimas décadas está relacionado ao aumento das concentrações dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e às atividades antropogênicas. Os principais GEE são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozônio (O<sub>3</sub>) e gases halogenados como os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs); além disso, cada GEE possui um potencial de aquecimento global (do inglês *Global Warming Potential - GWP*), que mede a quantidade de calor que um gás pode reter na atmosfera ao longo de um período, em comparação ao CO<sub>2</sub> (IBAMA, 2022). A maioria dos HCFCs possui um GWP milhares de vezes superiores ao GWP do CO<sub>2</sub>: o HCFC-22/R22, por exemplo, é um gás halogenado com potencial de aquecer o planeta até 1.810 vezes a mais que o CO<sub>2</sub>, considerando um período de 100 anos (IPCC, 2013; IBAMA, 2022).

Em 2021, o Brasil emitiu um total de 2,4 bilhões de toneladas brutas de GEE, cujo aumento foi um dos maiores em 20 anos, fazendo com que o país fosse o sétimo maior emissor de GEE do mundo, atrás de China, Estados Unidos, Índia, União Europeia, Rússia e Indonésia (SEEG, 2023). Entre os setores que mais contribuíram para as emissões mundiais estão, principalmente, de uso e ocupação da terra, de energia e industrial (SEEG, 2023).

O setor hospitalar também pode emitir alguns poluentes capazes de prejudicar a qualidade do ar interno, a partir de atividades médicas como o uso de produtos químicos e equipamentos (WHO, 2010). Os principais gases emitidos para a atmosfera incluem os gases anestésicos inalatórios, frequentemente utilizados em procedimentos cirúrgicos e ambulatoriais, como N<sub>2</sub>O, sevoflurano e isoflurano (WHO, 2010).

Outras emissões hospitalares podem ocorrer pelo uso de gases refrigerantes em aparelhos de ar-condicionado. O HCFC-22/R22, por exemplo, foi um gás muito utilizado em sistemas de refrigeração; porém, devido aos seus efeitos nocivos à camada de ozônio, ele foi incluído ao Protocolo de Montreal para que seu uso fosse gradualmente eliminado ou substituído (IBAMA, 2022). O R410A é uma mistura de dois outros gases refrigerantes (50% de HFC-32 e 50% de HFC-125) e foi desenvolvido para substituir o HCFC-22/R22, pois possui maior eficiência energética e é menos agressivo à camada de



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

ozônio (IBAMA, 2022). Entretanto, o R410A possui um *GWP* relativamente alto (cerca de 1.924, considerando um *GWP* a 100 anos), ainda podendo contribuir para aquecimento global caso seja liberado na atmosfera (IPCC, 2013).

A temática das mudanças climáticas tem se intensificado e as organizações têm buscado alternativas para reduzir os impactos atmosféricos, como é o caso da Rede Global Hospitais Verdes e Saudáveis, que mobiliza organizações do setor da saúde a tomar medidas sustentáveis (PHS, 2023). Portanto, a realização de inventários de GEE torna-se uma ferramenta importante para a busca de alternativas sustentáveis e menos poluentes (PHS, 2023).

Um inventário de GEE realiza o diagnóstico do potencial impacto climático de uma organização em um dado período e é dividido em três escopos: o Escopo 1 contempla as emissões de responsabilidade e controle direto da organização, como as fontes de combustão estacionária, combustão móvel e emissões fugitivas; o Escopo 2 abrange as emissões indiretas de geração de eletricidade adquiridas pela organização; e o Escopo 3 diz respeito às demais emissões indiretas provenientes das atividades executadas, mas que correm em fontes que não são controladas pela organização, como o tratamento de resíduos sólidos e efluentes (FGV, 2023).

A metodologia de cálculo aplicada aos inventários é do protocolo de GEE (do inglês *Greenhouse Gas Protocol - GHG Protocol*), desenvolvido pelo *World Resources Institute* (WRI) em parceria com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD), cuja aplicação no Brasil acontece por meio do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, sendo também compatível com a norma ISO 14064-1 e com as metodologias de quantificação do IPCC (GHG Protocol, 2023; FGV, 2023).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente de um hospital no ano de 2023, aplicando a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro *GHG Protocol*; como também identificar as principais fontes diretas dos GEE e sugerir alternativas para redução delas.

## METODOLOGIA

### Local de estudo



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

O hospital, objeto de estudo, é privado, filantrópico e sem fins lucrativos, com atendimento do Sistema Único de Saúde (SUS), sendo localizado no interior do Estado de São Paulo. Sua classificação é de grande porte e de alta complexidade, com um total de 303 leitos. A população atendida é estimada em 900 mil habitantes e a estrutura do hospital contempla 12 unidades de atendimento.

### Coleta de dados

As fontes de emissões de GEE foram identificadas conforme metodologia do Projeto Hospitais Saudáveis (PHS, 2023). As quantidades consumidas ou geradas das fontes (Tabela 1) foram coletadas por setor do hospital.

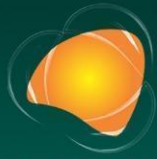
Tabela 1: Fontes de emissões de GEE aplicáveis ao inventário de uma organização de saúde.

Escopo	Categoria	Fonte de emissão
1	Combustão estacionária	Óleo diesel comercial para gerador de energia, gás liquefeito de petróleo (GLP) para fogão, gasolina para roçadeira e acetileno para solda.
	Combustão móvel	Etanol e gasolina para automóvel e diesel para ambulância.
	Emissões fugitivas	Gás anestésico (N <sub>2</sub> O), gás medicinal (CO <sub>2</sub> ), gás refrigerante (R410A) para ar-condicionado, recarga de extintores de incêndio (CO <sub>2</sub> ) e outros gases anestésicos (sevoflurane e isoflurane).
-	Emissões fugitivas fora do Protocolo de Quioto	Gás refrigerante (HCFC-22) para ar-condicionado.
2	Eletricidade	Compra no Mercado Livre de Energia.
3	Resíduos sólidos	Resíduos sólidos aterrados e incinerados em instalações terceirizadas.
	Efluentes	Tratamento de efluentes em instalações terceirizadas.

Fonte: PHS (2023).

### Planilha de cálculo

O inventário foi elaborado com a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (FGV, 2023), cuja versão da planilha era a 2023.0.2. O ano-base de cálculo das emissões foi o de 2023. Os resultados de emissões totais foram expressos em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e).



### **Preenchimento das emissões diretas (Escopo 1 e emissões fugitivas fora do Protocolo de Quioto)**

Para a categoria de combustão estacionária, o setor selecionado para indicar a finalidade das atividades do hospital foi “comercial ou institucional”. Já para a categoria de combustão móvel, uma estimativa das emissões foi realizada com base na distância anual percorrida pela frota de veículos, em quilômetros por litro, pois a quantidade de combustível consumida não estava disponível. Considerou-se, então, o tipo e o ano de cada frota para o preenchimento da planilha.

Para a categoria de emissões fugitivas, as emissões provenientes dos refrigeradores, aparelhos de ar-condicionado e extintores de incêndio foram calculadas pela abordagem de estágio do ciclo de vida. O dado referente ao uso de HCFC-22 (R22) foi calculado pela mesma abordagem, porém sendo inserido na aba “fugitivas - GEE não Quioto”. Em relação aos dados de sevoflurane e isoflurane, primeiramente estes dois gases anestésicos foram tratados na planilha de apoio disponibilizada pelo PHS (2023). Em seguida, os valores obtidos puderam ser inseridos na aba “emissões fugitivas” da ferramenta *GHG Protocol*.

### **Preenchimento das emissões indiretas por consumo de energia (Escopo 2)**

Para a categoria de eletricidade, foi utilizado o dado de energia comprada pelo hospital durante o ano de 2023, em megawatt-hora. A organização utilizava o Mercado Livre de Energia, portanto a aba da ferramenta *GHG Protocol* preenchida foi a “eletricidade (escolha de compra)”. Diferentemente do proposto pelo PHS (2023), o dado de energia comprada foi inserido na seção “cálculo de energia não rastreada”, visto que não havia informações complementares associadas à origem da geração de eletricidade. Além disso, maiores detalhes da geração de energia por placas solares não estavam disponíveis, somente que o hospital possuía um total de 370 placas instaladas em mil metros quadrados.

### **Preenchimento das outras emissões indiretas (Escopo 3)**

Para a categoria de resíduos sólidos da operação, foram considerados os dados de resíduos aterrados e incinerados, em toneladas por ano. O local do aterro sanitário era uma cidade vizinha ao hospital. A estimativa percentual para cada resíduo gerado foi baseada no critério estabelecido pelo PHS (2023), conforme Tabela 2. A estimativa das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foi realizada com a



planilha de apoio do PHS (2023) e depois transferida para a ferramenta *GHG Protocol*.

Tabela 2. Composição dos resíduos sólidos para um hospital com coleta seletiva.

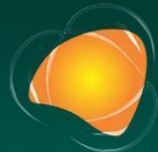
<b>Composição do resíduo</b>	<b>Percentual (%)</b>
Papéis/papelão	9
Resíduos têxteis	1
Resíduos alimentares	29
Madeira	2
Resíduos jardim e parque	3
Fraldas	2
Borracha e couro	1
Outros materiais inertes	53

Fonte: PHS (2023).

O efluente doméstico gerado no hospital foi caracterizado por receber algum tipo de tratamento e ser lançado no meio ambiente, em corpos d'água não especificados. Uma estimativa das emissões de GEE foi realizada, a partir da “alternativa 2” estabelecida na ferramenta *GHG Protocol*, visto que os dados fornecidos pelo hospital não eram do volume de efluente gerado ( $m^3$ ), nem da carga orgânica ( $DBO/m^3$  ou  $DQO/m^3$ ), nem do teor de nitrogênio ( $kgN/m^3$ ) do efluente. O número de pessoas consideradas na geração do efluente doméstico foi a média mensal de pacientes internados e os funcionários ativos na organização. Outras considerações foram “alojamento - ocupação permanente” para o tipo de atividade que gerou o efluente e “aeróbio (lodo ativado, lagoa aerada, entre outros)” para o tipo de tratamento aplicado ao efluente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados por fonte de emissões estão apresentados na Tabela 3 e as emissões totais por tipo de GEE, na Tabela 4. O hospital emitiu 1.669,56  $tCO_2e$  durante o ano de 2023, sendo o Escopo 1 responsável por 765,60  $tCO_2e$  deste total. Os Escopos 3 e 2 foram responsáveis por 677,94 e 106,30  $tCO_2e$ , respectivamente. Entre as emissões diretas totais, 691,42  $tCO_2e$  pertenciam à categoria das emissões fugitivas do Escopo 1. Nesta mesma categoria, a maior fonte de emissão decorreu do gás R410A pelo uso de equipamentos de refrigeração e ar-condicionado. A segunda maior fonte de emissão



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

direta foi o gás refrigerante HCFC-22/R22, pertencente à categoria das emissões fugitivas não reguladas pelo Protocolo de Quioto. Já a terceira maior fonte de emissão direta foi o gás anestésico N<sub>2</sub>O, pertencente à categoria de emissões fugitivas do Escopo 1.

Tabela 3. Fontes de emissões de GEE de uma organização de saúde no ano de 2023, em tCO<sub>2</sub>e.

Escopo	Categoria	Fonte	GEE emitidos	Emissões em tCO <sub>2</sub> e equivalente
1	Combustão estacionária	Diesel	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	4,99
		GLP	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	53,83
		Gasolina	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	0,08
		Acetileno	CO <sub>2</sub>	0,01
	Combustão móvel	Etanol	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	0,51
		Gasolina	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	1,97
		Diesel	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	12,79
	Emissões fugitivas	Gás anestésico	N <sub>2</sub> O	103,88
		Gás medicinal	CO <sub>2</sub>	0,37
		Recarga de extintores	CO <sub>2</sub>	0,53
Gás refrigerante		R410A	550,12	
Sevoflurano		CO <sub>2</sub>	18,67	
Isoflurano		CO <sub>2</sub>	17,85	
-	Emissões fugitivas fora do Protocolo de Quioto	Gás refrigerante	HCFC-22/R22	119,68
2	Eletricidade	Mercado Livre de Energia	CO <sub>2</sub>	106,30
3	Resíduos sólidos	Aterro sanitário	CO <sub>2</sub> e CH <sub>4</sub>	218,72
		Incineração	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	254,90
	Efluentes	Estação de tratamento	CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O	204,32

Fonte: FGV (2023).



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Tabela 4. Emissões totais por tipo de GEE em uma organização de saúde no ano de 2023, em tCO<sub>2</sub>e.

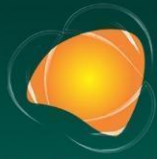
<b>GEE</b>	<b>GWP a 100 anos</b>	<b>Emissões em tCO<sub>2</sub>e</b>
CO <sub>2</sub>	1	467,27
CH <sub>4</sub>	28	304,40
N <sub>2</sub> O	298	228,09
R410A	2.088	550,12
HCFC-22/R22	1.810	119,68

Fonte: IPCC (2013); FGV (2023).

Para a redução das emissões diretas do hospital, foi sugerida a substituição dos gases refrigerantes R410A e HCFC-22/R22. A pesquisa de Albà et al. (2023) identificou a mistura de 90% de R1123 (trifluoropropeno) e 10% de R32 (difluorometano) para substituir apenas o R410A dos aparelhos de ar-condicionado, devido ao valor do GWP a 100 anos da mistura dos dois gases ser de aproximadamente 66. O estudo experimental de Purkayastha e Banal (1998) mostrou que uma mistura específica de GLP, composta por propano, etano e isobutano, pode ser utilizada para substituir o gás refrigerante HCFC-22/R22 em aplicações de refrigeração. O estudo de Park et al. (2009a) mostrou que o gás R431A, composto pela mistura de propano e HFC-152a, pode ser uma alternativa ecológica de longo prazo para substituir o HCFC-22/R22 em ar-condicionado, devido às suas propriedades termodinâmicas, ao seu GWP de apenas 43 e por não ter potencial para destruir a camada de ozônio. Outro estudo de Park et al. (2009b) mostrou que o gás R432A, composto pela mistura de propileno e dimetiléter, também pode ser uma alternativa ecológica de longo prazo para substituir o HCFC-22/R22 em ar-condicionado, devido às suas propriedades termodinâmicas, ao seu GWP inferior a 5 e por não ter potencial para destruir a camada de ozônio. Uma vantagem dos gases R431A e R432A é que ambos foram projetados para serem compatíveis com os sistemas de refrigeração que originalmente utilizavam o HCFC-22/R22 (Park et al.; 2009a e 2009b), o que poderia minimizar a necessidade de modificações de aparelhos de ar-condicionado já existentes no hospital. Entretanto, em termos de segurança, a inflamabilidade de ambos os gases pode exigir precauções adicionais ao utilizá-los e armazená-los.

Outras sugestões foram referentes à arquitetura do hospital, considerando reformas que possam favorecer a ventilação natural e, conseqüentemente, reduzir o uso intensivo de aparelhos de ar-





condicionado (Oliveira e Oliveira, 2022). Duas alternativas foram as implementações de pátios internos com áreas verdes para melhorar a circulação do ar, como também telhados verdes e jardins verticais para manter a temperatura interna do hospital mais estável.

## CONCLUSÕES

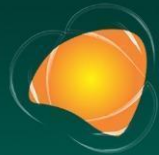
O inventário de GEE evidenciou que no ano de 2023 o hospital objeto de estudo emitiu aproximadamente 1.670 tCO<sub>2</sub>e, sendo as emissões diretas pertencentes ao Escopo 1 e as emissões fugitivas não reguladas pelo Protocolo de Quioto as maiores responsáveis pelo resultado total. As principais fontes diretas dos GEE foram dois gases refrigerantes (R410A e HCFC-22/R22) e um gás anestésico (N<sub>2</sub>O). As alternativas sugeridas para a possível redução das principais fontes de emissão consistiram em substituir os gases refrigerantes, principalmente o HCFC-22/R22 devido à sua capacidade de destruir a camada de ozônio; como também em implementar áreas internas que favoreçam a ventilação natural e reduzam o uso intensivo de ar-condicionado.

## AGRADECIMENTOS

Ao Hospital de Caridade São Vicente de Paulo (HSV), pelo fornecimento dos dados referentes às emissões de GEE e pela parceria estabelecida com a Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP), por meio do Projeto de Extensão “Aplicação de Inventários Gases de Efeito Estufa em Setores Públicos e Privados”.

## REFERÊNCIAS

ALBÀ, C. G. et al. Hunting sustainable refrigerants fulfilling technical, environmental, safety and economic requirements. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 188, p. 1-19, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113806>. Acesso em: 19 ago. 2024.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

FGV – Fundação Getúlio Vargas. Programa Brasileiro GHG Protocol. São Paulo, SP: FGV, 2023. Disponível em: <https://caesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 09 jun. 2024.

GHG Protocol - Greenhouse Gas Protocol. About us. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/about-us>. Acesso em: 28 ago. 2024.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manual do Sistema - Sistema do Protocolo de Montreal. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/arquivos/20230519\\_Manual\\_Sistema\\_Protocolo\\_Montreal.pdf](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/emissoes/arquivos/20230519_Manual_Sistema_Protocolo_Montreal.pdf). Acesso em: 26 mar. 2024.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p., 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 35-115, 2023. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf). Acesso em: 21 mai. 2024.

OLIVEIRA, K. B.; OLIVEIRA, O. J. Making hospitals sustainable: towards greener, fairer and more prosperous services. Sustainability, v. 14, ed. 9730, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14159730>. Acesso em: 19 ago. 2024.

PARK, K.; SHIM, Y.; JUNG, D. A ‘drop-in’ refrigerant R431A for replacing HCFC22 in residential air-conditioners and heat pumps. Energy Conversion and Management, v. 50, ed., p. 1671-1675, 2009a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.03.027>. Acesso em: 19 ago. 2024.

PARK, K.; SHIM, Y.; JUNG, D. Experimental performance of R432A to replace R22 in residential air-conditioners and heat pumps. Applied Thermal Engineering, v. 29, ed. 2-3, p. 597-600, 2009b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.02.019>. Acesso em: 19 ago. 2024.

PHS - Projeto Hospitais Saudáveis. Guia para inventários de emissões de gases de efeito estufa em organizações de saúde. São Paulo, 7 ed., 2023.

PURKAYASTHA, B.; BANSAL, P. K. An experimental study on HC290 and a commercial liquefied petroleum gas (LPG) mix as suitable replacements for HCFC22. International Journal of Refrigeration, v. 21, ed. 1, p. 3-17, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(97\)00083-2](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(97)00083-2). Acesso em: 19 ago. 2024.

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil / 1970-2021. Observatório do



21º Congresso Nacional de  
**MEIO AMBIENTE**

de Poços de Caldas  
22 a 25 DE OUTUBRO | 2024

**EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

Clima: v.4, 46 p., 2023. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2024.

WHO - World Health Organization. Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2010. ISBN 978-92-890-0213-4. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>. Acesso em: 28 ago. 2024.