

Clima

Desmistificação de mitos sobre fluidos de refrigeração

Confrontando os mitos disseminados pela indústria dos gases fluorados

Janeiro 2025

Introdução

Os gases fluorados, ou F-gases, são substâncias sintéticas utilizadas numa diversidade de aplicações, mais frequentemente em sistemas de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor, bem como em sistemas de supressão de incêndios, espumas e aerossóis.

Atualmente, o tipo mais utilizado destes gases são os hidrofluorcarbonetos (HFC), muitos dos quais têm potenciais de aquecimento global (PAG) muito elevados.¹ A produção e utilização de HFC está a ser gradualmente reduzida ao abrigo do Protocolo de Montreal e mais rapidamente eliminada na UE através do seu regulamento europeu dos gases fluorados.

A indústria química está a promover uma nova geração de gases fluorados para substituir os HFC, as hidrofluorolefinas (HFO) que, embora apresentem valores de PAG inferiores aos dos seus antecessores, acarretam preocupantes impactos ambientais e para a saúde humana. Outro grupo de alternativas, incluindo o CO₂, o propano e o amoníaco, são normalmente designados por fluidos frigorigéneos naturais. Estes têm um PAG muito baixo e podem ser substitutos adequados em muitos dos setores onde os HFC dominam atualmente, sem os riscos dos HFO. Os fluidos naturais apresentam alguns desafios mas, aliando uma boa concepção de produto com mão de obra técnica, de instalação e manutenção, qualificada, podem permitir-nos acabar com a nossa dependência dos fluidos sintéticos e prejudiciais para o ambiente.

Tal como os gigantes dos combustíveis fósseis, a indústria do tabaco e tantas outras indústrias destrutivas, os produtores de gases fluorados estão a espalhar desinformação, a “turvar a água”, a ignorar a ciência e a atrasar a ação climática para proteger os seus resultados e abrandar a adoção de alternativas naturais aos seus produtos super poluentes.

Este documento aborda os mitos mais comuns que parte da indústria tem vindo a espalhar sobre os fluidos naturais.

MITO UM



Os fluidos naturais são menos eficientes, logo, requerem mais energia o que resulta em mais emissões.



FACTO

A eficiência energética está sobretudo dependente da conceção do produto e da qualidade dos componentes. As novas tecnologias naturais têm demonstrado benefícios, em termos de eficiência, comparativamente aos F-gases.

MITO DOIS



As emissões associadas à fuga de gases de refrigeração são inconsequentes quando comparadas com o impacto climático das emissões indiretas, associadas à utilização de energia durante o tempo de vida de um produto.



FACTO

As emissões de fugas de fluidos de refrigeração são responsáveis por cerca de um terço da pegada de carbono de um produto, o que significa que a mudança para fluidos naturais pode reduzir drasticamente estas emissões - especialmente à medida que as redes de energia se descarbonizam.

MITO TRÊS



Os gases fluorados têm um impacto ambiental menor do que os fluidos naturais.



FACTO

Os impactos climáticos ao longo da vida dos F-gases são significativamente mais elevados do que os seus equivalentes naturais e muitos deles estão também associados a emissões de PFAS.

MITO QUATRO



A produção de alguns fluidos naturais contribui significativamente para as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), o que lhes confere um impacto ambiental mais elevado do que os gases fluorados.



FACTO

As emissões associadas às matérias-primas e à energia utilizada para produzir gases fluorados são normalmente muito mais prejudiciais.

MITO CINCO



Os gases fluorados são vitais para o cumprimento dos objetivos climáticos da UE e para a implantação de bombas de calor.



FACTO

As bombas de calor servidas por fluidos naturais estão amplamente disponíveis no mercado, inclusive através dos maiores fornecedores, com diferenças de custo insignificantes.

MITO SEIS



Os fluidos naturais não são realmente naturais.



FACTO

A expressão “fluido natural” significa que os gases estão naturalmente presentes nos sistemas da Terra, ao contrário dos “fluidos sintéticos” que são inteiramente produzidos pelo Homem.

MITO SETE



O CO₂ é tóxico e apresenta perigos desnecessários para os utilizadores e instaladores.



FACTO

Todos os fluidos de refrigeração, incluindo os HFC, os HFO e o CO₂, apresentam riscos de segurança e devem ser minimizados por normas de segurança rigorosas.

MITO OITO



A recuperação e a revenda de gases fluorados pode evitar os seus impactos ambientais.



FACTO

Continuarão a existir fugas durante a vida útil de um produto que contribuirão para o aquecimento global.



MITO UM: Os fluidos naturais são menos eficientes e, por conseguinte, requerem mais energia para funcionar, o que significa mais emissões.²

FACT

A eficiência energética de um produto é, predominantemente, determinada pela sua conceção e pela qualidade dos componentes utilizados. É, por esta razão, que o preço do equipamento pode variar tanto, estando equipamentos mais baratos frequentemente associados a uma eficiência energética inferior. Os sistemas de maiores dimensões são também fortemente influenciados pela forma como o sistema de refrigeração é concebido.

Dito isto, os produtores de equipamento investiram fortemente no desenvolvimento das melhores tecnologias possíveis servidas por fluidos naturais, que superam as baseadas em gases fluorados, como atestam os exemplos infra, ou os que se podem encontrar em [CoolTechnologies.org](https://www.cooltechnologies.org).

Por exemplo, no seu relatório CDP (Carbon Disclosure Project) de 2023, o Carrefour, o segundo maior retalhista do mundo, declarou que a substituição dos seus sistemas de gás fluorado por sistemas que utilizam CO₂ conduziu a um aumento de 8% na eficiência energética.³

Outro estudo, centrado na refrigeração em carrinhas de entregas, mostrou uma melhoria anual de 27% na eficiência energética, medida como Coeficientes de Desempenho (COP), ao utilizar CO₂ como fluido de refrigeração em vez do gás fluorado HFC-134a. Este estudo também concluiu que, as emissões de CO₂ ao longo da vida útil do sistema com fluido de refrigeração natural eram 34% inferiores às do sistema com gás fluorado.⁴

Um estudo sobre os fluidos de refrigeração utilizados em bombas de calor geotérmicas revelou que, os fluidos naturais produzem coeficientes COP significativamente melhores do que o HFC-134a. O amoníaco foi o fluido de refrigeração mais eficiente do ponto de vista energético, com um COP de 4,663, já o COP do hidrocarboneto n-butano foi de 4,606, e no geral, os fluidos naturais apresentaram coeficientes COP 4,5%-5,8% superiores aos do HFC-134a.⁵



MITO DOIS: As emissões diretas associadas à fuga de gases de refrigeração são insignificantes quando comparadas com o impacto climático das emissões indiretas, associadas à utilização de energia durante a vida útil de um produto.

FACTO

Em média, as emissões diretas representam pouco mais de um terço das emissões totais de GEE durante a vida útil de um produto.⁶ Por conseguinte, a mudança para fluidos naturais pode reduzir significativamente o impacto climático do sistema.

Tendo em conta os compromissos Net Zero de muitos países, a proporção de energias renováveis deverá aumentar a nível mundial. O Reino Unido, por exemplo, tem como objetivo descarbonizar a sua rede eléctrica até 2035.⁷ À medida que as redes se descarbonizam, a intensidade das emissões diminui, o que significa que o impacto relativo das emissões diretas na pegada de carbono de um produto irá aumentar.

MITO TRÊS: A maioria dos gases fluorados é rapidamente removida da atmosfera em comparação com o fluido de refrigeração natural CO₂, tornando as emissões do ciclo de vida dos fluidos naturais mais elevadas.⁸

FACTO

Os fabricantes de gases fluorados sugerem que, devido ao facto de muitos F-gases terem um tempo na atmosfera curto, os seus impactes no clima são reduzidos. No caso dos HFO, isto é parcialmente verdade. Os HFO decompõem-se rapidamente na atmosfera e tendem a ter valores baixos de PAG. O PAG é uma métrica, que indica a contribuição de uma substância para o aquecimento global, em comparação com o CO₂ num determinado período de tempo. Em contraste com os HFO, os HFC têm valores elevados de PAG.

Historicamente, tem sido utilizado o PAG a 100 anos, no entanto, como o tempo de vida médio dos HFC utilizados atualmente é de 21,7 anos,⁹ o período de 100 anos não transmite uma imagem exata da forma como os HFC afetam o aquecimento global a curto prazo.

Os cientistas alertaram-nos para o perigo de potenciais pontos de viragem climática, em que as temperaturas globais podem ultrapassar um limiar que torna o aquecimento global numa bola de neve difícil de conter.¹¹ Para evitar isto, temos de garantir que estamos a aproveitar todas as oportunidades para reduzir os nossos impactes climáticos o mais rapidamente possível, incluindo a eliminação de gases que têm impactes particularmente prejudiciais a curto prazo. Os gases fluorados são um exemplo perfeito.

Embora os HFO tenham um PAG inferior aos HFC, é importante reconhecer que o valor do PAG, por si só, não considera os impactes totais do ciclo de vida do gás (ver o próximo mito).

Tabela 1: Mostra como o impacto dos HFC no aquecimento global é diferente quando considerado ao longo de um período de 20 e 100 anos.¹⁰

Tipo	Fluido de refrigeração	PAG a 100 anos	PAG a 20 anos
F-gas	R404A	4,808	7,258
	R134a	1,470	4,060
	R32	749	2,620
Fluido de refrigeração natural	CO ₂ (R744)	1	
	Propano (R290)	<1	
	Amoníaco (R717)	<1	



MITO QUATRO: A produção de alguns fluidos naturais contribui significativamente para as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), o que lhes confere um impacto ambiental mais elevado do que os gases fluorados.¹²

FACTO

A produção de gás fluorado e de fluidos naturais resulta em emissões de gases com efeito de estufa, incluindo as emissões associadas às matérias-primas e à energia utilizada no fabrico. A produção de HFO e HFC resulta num cocktail de emissões adicionais de matérias-primas, incluindo emissões de CFC, que são substâncias poderosas que empobrecem a camada de ozono.¹³ Pior ainda, a produção de uma tonelada do gás fluorado mais utilizado como matéria-prima, o HCFC-22, liberta emissões de subprodutos de GEE de, pelo menos, 170 toneladas de CO₂e.¹⁴

A complexidade do fabrico de HFO é particularmente intensiva em termos energéticos. Embora não existam dados sobre a análise do ciclo de vida, estima-se que a produção de HFO-1234yf emita 10,9 kg de CO₂e por kg de fluido de refrigeração.¹⁵ Este valor é superior em mais de quatro vezes às emissões de produção dos fluidos naturais como o amoníaco e CO₂, que produzem cerca de 2,4 kg de CO₂e por kg de fluido produzido.^{16,17} Estima-se que o propano, o fluido natural mais utilizado nas bombas de calor residenciais, emita apenas 0,55 kg de CO₂e por kg de fluido produzido.¹⁸

Isto não significa que não haja melhorias a fazer na produção de fluidos naturais, e existem, por exemplo, já vários projetos que procuram criar “amoníaco verde” com menos emissões de produção incorporadas.¹⁹



MITO CINCO: Os gases fluorados são vitais para o cumprimento dos objetivos climáticos da UE. Sem eles, a implantação de tecnologias sustentáveis, como as bombas de calor, ficará estagnada.²⁰

FACTO

Neste caso, a indústria apresenta três argumentos principais para explicar por que razão a aceitação das bombas de calor seria afetada pelos fluidos naturais:

1. Os fluidos naturais irão “abrandar a adoção”

Não há razão para que seja esse o caso. Em 2022-23, a maioria das bombas de calor instaladas na Europa eram sistemas ar-água.²¹ Estes são os mais fáceis de reequipar no parque imobiliário residencial existente em grande parte da Europa, porque podem frequentemente substituir as caldeiras a gás no sistema de aquecimento de uma casa.

Graças à posição da UE relativamente à eliminação progressiva dos gases fluorados, muitos fabricantes europeus, ou que importam para a UE, oferecem atualmente bombas de calor sem gases fluorados. Estes incluem alguns dos maiores fabricantes da UE, como a Vaillant, a NIBE e a Viessman.²²

2. Os fluidos naturais “aumentarão os custos de transição”

Embora os custos iniciais das bombas de calor com fluido de refrigeração natural possam ser mais elevados do que os das bombas de calor com HFC, tal não está apenas relacionado com a seleção do fluido de refrigeração. A investigação da EIA sobre o mercado britânico de bombas de calor concluiu que as bombas de calor com fluido natural demonstraram melhores valores de eficiência energética e de temperaturas máximas de fluxo, bem como níveis de ruído mais baixos. Quando estes parâmetros de desempenho foram tidos em conta, os sistemas que utilizam HFC ficam mais caros.²³ As temperaturas de caudal mais elevadas são particularmente importantes na adaptação a edifícios mais antigos e menos bem isolados, o que inclui grande parte do parque habitacional existente na UE.

A eficiência energética relativa, das bombas de calor com fluido de refrigeração natural, ajuda a contrabalançar os custos iniciais mais elevados e a poupar dinheiro a longo prazo. Assim, embora a instalação de alguns sistemas de bombas de calor servidas por fluidos naturais possa ser mais dispendiosa do que as suas alternativas com gás fluorado, a escolha para os consumidores é semelhante à de gastar um pouco mais em qualquer outro dispositivo energeticamente eficiente.

Para além disso, a Alemanha está a liderar o processo, oferecendo um subsídio adicional de 5% aos cidadãos que instalem bombas de calor com fluido de refrigeração natural, reduzindo ainda mais os custos iniciais.

3. Os fluidos naturais “criarão uma quantidade incrível de resíduos materiais”

Neste caso, a indústria dos F-gases afirma que o equipamento de gases fluorados instalado se tornará redundante se fizermos a transição para os naturais e, por conseguinte, todos estes sistemas serão desperdiçados.

Na realidade, isto só vem reforçar a necessidade de os fabricantes e consumidores de bombas de calor da UE fazerem a transição para fluidos naturais em todos os novos equipamentos o mais rapidamente possível. A UE já aprovou a legislação que proíbe os gases fluorados com um PAG superior ou igual a 150 em sistemas autónomos (monobloco) a partir de 2027 e, em sistemas split mais pequenos, a partir de 2029. Também acabará por banir a utilização de quaisquer F-gases em vários tipos de bombas de calor.²⁴ As bombas de calor existentes que dependem de gases fluorados ainda podem ser utilizadas, no entanto, a eliminação gradual dos HFC significa que estes se tornarão mais escassos e mais caros, aumentando significativamente os custos de funcionamento das bombas de calor.

Isto significa que a transição para fluidos naturais o mais rapidamente possível não só reduziria o desperdício de material a longo prazo, como também pouparia dinheiro aos consumidores em custos de funcionamento.

MITO SEIS: A expressão “fluido de refrigeração natural” é uma mentira porque estes fluidos de refrigeração não são realmente “naturais”..²⁵



FACTO

A indústria dos F-gases alega que a expressão “fluidos naturais” é “greenwashing”, uma vez que estas substâncias não são retiradas diretamente da natureza e bombeadas para os aparelhos. Na realidade, o rótulo “fluido de refrigeração natural” é útil para descrever compostos que circulam naturalmente na biosfera, por oposição a compostos sintéticos como os gases fluorados, que não aparecem na biosfera sem intervenção humana.

Este facto é particularmente preocupante uma vez que, muitos gases fluorados são também classificados como substâncias per- ou polifluoroalquílicas (PFAS). Estas são vulgarmente conhecidas como “químicos eternos” devido à sua resistência à decomposição no ambiente natural. Alguns gases fluorados, por si só, não são PFAS, mas decompõem-se na atmosfera em PFAS, sendo o mais preocupante o ácido trifluoroacético (TFA).

Embora ainda não se conheçam todos os seus impactes, estudos recentes revelaram provas preocupantes que sugerem que é tóxico para a saúde humana, incluindo para o sistema reprodutor e para o fígado..²⁶

MITO SETE: Como o CO₂ é tóxico, apresenta maiores perigos para os instaladores e utilizadores finais.²⁷

FACTO

A toxicidade do CO₂ é bem conhecida. É por isso que existem normas de segurança rigorosas, com requisitos legais para as cumprir. Do mesmo modo, existem também normas para garantir a segurança dos fluidos de refrigeração com gás fluorado, que têm estado envolvidos em acidentes fatais.

Historicamente, estes ocorreram mais frequentemente por asfixia devido a fugas de R22 e, menos frequentemente, por explosões de compressores que contêm HFC inflamáveis e não inflamáveis.^{28,29,30}

A prevenção da asfixia e dos efeitos agudos da exposição a todos os fluidos de refrigeração, incluindo o CO₂ e os gases fluorados, é assegurada pelo cumprimento das normas de segurança e das boas práticas, e é de esperar que os técnicos de ar condicionado e bombas de calor tenham formação adequada.



MITO OITO: Os gases fluorados podem ser recuperados e reutilizados num sistema circular que elimina o seu impacto ambiental.³¹

FACT

Embora a recuperação e destruição de gases fluorados seja importante para minimizar as emissões dos sistemas dependentes destes gases atualmente instalados, a verdade é que haverá sempre algumas fugas durante a instalação, funcionamento e fim de vida dos aparelhos de aquecimento e arrefecimento. A prevenção eficaz de fugas e a gestão do fim de vida dos sistemas HFC/HCFC poderia evitar a libertação de 39 Gt CO₂e entre 2025 e 2050.³² Isto é mais do que as emissões anuais dos 10 países que mais emitem gases com efeito de estufa e da UE27 em conjunto.³³ No entanto, estes números baseiam-se nas melhores práticas, que apenas reduzem as taxas de fugas em 20-50% e as emissões em fim de vida em 70-90%.³⁴ A única forma realista de evitar todas as emissões de fluidos de refrigeração com elevado PAG é deixar de os utilizar nos aparelhos.

Embora as taxas de fuga variem de sistema para sistema, e as melhorias de conceção possam reduzir essas taxas, devido ao seu menor PAG o impacto climático das fugas de fluidos naturais é menor. Para além disso, devido às características de segurança de alguns destes fluidos naturais, os sistemas que os contêm são frequentemente sujeitos a normas mais rigorosas de estanquidade.

Referências

1. GWP measures how much infrared thermal radiation a greenhouse gas will absorb over a given time frame, compared to carbon dioxide, thus comparing their impact on global warming on a tonne per tonne basis.
2. Opteon (accessed 09/2024) 'Natural refrigerants: separating myths from facts' Available here: <https://www.opteon.com/en/support/knowledge-hub/so-called-naturals>
3. Carrefour (2023) 'CDP climate report' Available here: https://www.cdp.net/en/responses/2880/Carrefour?back_to=https%3A%2F%2Fwww.cdp.net%2Fen%2Fresponses%3Fqueries%255Bname%255D%3Dcarrefour&queries%5Bname%5D=carrefour
4. Francesco Fabris, et al. International Journal of Refrigeration, Volume 159 (2024) 'Evaluation of the carbon footprint of HFC and natural refrigerant transport refrigeration units from a life-cycle perspective' Available here: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700723004747?via%3Dihub>
5. Vahid Saeidi, et al. Journal of Renewable Sustainable Energy (2018) 'Development of geothermal heat pumps by using environment friendly refrigerants' Available here: <https://pubs.aip.org/aip/jrse/article-abstract/10/4/043901/384097/Development-of-geothermal-heat-pumps-by-using?redirectedFrom=fulltext>
6. UNEP (2023) 'Keeping it Chill: How to meet cooling demands while cutting emissions' Available here: <https://www.unep.org/resources/global-cooling-watch-2023>
7. Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Press release (2021) 'Plans unveiled to decarbonise UK power system by 2035' Available here: <https://www.gov.uk/government/news/plans-unveiled-to-decarbonise-uk-power-system-by-2035>
8. Opteon (accessed 09/2024) 'Natural refrigerants: separating myths from facts' Available here: <https://www.opteon.com/en/support/knowledge-hub/so-called-naturals>
9. Greenpeace (2011) 'The Benefits of Basing Policies on the 20 Year GWP of HFCs' Available here: [https://ozone.unep.org/system/files/documents/Benefits of Basing Policies on 20 GWP of HFCs.pdf](https://ozone.unep.org/system/files/documents/Benefits%20of%20Basing%20Policies%20on%20the%2020%20Year%20GWP%20of%20HFCs.pdf)
10. UNEP (2018) 'Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee 2022 Assessment Report' Available here: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/RTOC-assessment%20-report-2022.pdf>
11. David I. Armstrong McKay et al., Science 377 (2022) 'Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points.' Available here: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.abn7950>
12. globalFACT (2020) 'An expert's take on so-called "natural" refrigerants' Available here: https://globalfact.org/wp-content/uploads/2020/07/GF_Powell-Interview.pdf
13. Environmental Investigation Agency (EIA) (2022) 'Chemical Nightmare: ending emissions of fluorochemical greenhouse gases' Available at: <https://eia-international.org/wp-content/uploads/Chemical-Nightmare-SINGLES.pdf>
14. Using the mean HCFC-22 to HFC-23 production ratio calculated in 2022 by S. A. Montzka, J. B. Burkholder, United Nations Environment Program, (2024) 'Report of the Scientific Assessment Panel: Response to Decision XXXV/7: Emissions of HFC-23' Available at: https://ozone.unep.org/system/files/documents/SAP_Report_on_HFC23_September2024.docx
15. The International Council on Clean Transportation (2013) 'Upstream climate impacts from production of R-134a and R-1234yf refrigerants used in mobile air conditioning systems' Available here: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_RefrigerantsImpacts_20130909.pdf
16. IEA (2021) 'Ammonia technology roadmap' Available here: <https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap/executive-summary>
17. Francesco Fabris et al., International Journal of Refrigeration (2024) 'Evaluation of the carbon footprint of HFC and natural refrigerant transport refrigeration units from a life-cycle perspective' Available here: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700723004747>
18. Rawlousyk, B., Woloschuk, J., Crawford, C., Birn, K., HIS Markit/S&P Global (2022) 'GHG emissions intensity of propane produced in Canada' Available here: <https://prod.azure.ihsmarkit.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/montney-propane-emissions.html>
19. The Royal Society (2020) 'Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store' Available here: <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/green-ammonia/green-ammonia-policy-briefing.pdf>
20. Opteon (accessed 09/2024) 'Natural refrigerants: separating myths from facts' Available here: <https://www.opteon.com/en/support/knowledge-hub/so-called-naturals>
21. European Heat Pump Association (2023) '2024 market data' Available here: <https://www.ehpa.org/market-data/>
22. CoolTechnologies.org (accessed 09/2024) Available here: <https://cooltechnologies.org/sector/heat-pumps-commercial-industrial/>
23. EIA (27/09/2024) 'It's UK Heat Pump Week – and EIA finds natural refrigerant models are now readily available!' Available here: <https://eia-international.org/blog/its-uk-heat-pump-week-and-eia-finds-natural-refrigerant-models-are-now-readily-available/>
24. European Union (2024) Regulation (EU) 2024/573: Annex IV Available here: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/573/oj>

25. globalFACT (2020) 'An expert's take on so-called "natural" refrigerants' Available here: https://globalfact.org/wp-content/uploads/2020/07/GF_Powell-Interview.pdf
26. Hans Peter H. Arp., et al. (2024) 'The global threat from the irreversible accumulation of trifluoroacetic acid (TFA)' Available here: <https://chemrxiv.org/engage/chemrxiv/article-details/66717b9a01103d79c57ccb54>
27. globalFACT (2020) 'An expert's take on so-called "natural" refrigerants' Available here: https://globalfact.org/wp-content/uploads/2020/07/GF_Powell-Interview.pdf
28. Institute of Refrigeration (2011) Guidance note: Working in HFC and HCFC machinery rooms: safety alert.
29. Lunde, H., Lorentzen, G. (1994) Accidents and critical situations due to unintentional escape of refrigerants: a survey of cases in Norway over the last two decades. Int J Refrig. Vol. 17 No. 6
30. Higashi T., Saitoh S., Dang C., et al. (2017) Diesel combustion of oil and refrigerant mixture during pump-down of air conditioners. Available here: <https://iifir.org/en/fridoc/diesel-combustion-of-oil-and-refrigerant-mixture-during-pump-down-of-140833>
31. Opteon.com (accessed 09/2024) 'Fluorinated Gases: Achieving a Circular Economy' Available here: <https://www.opteon.com/en/why-f-gases/circularity>
32. UNEP (May 2024) 'Report of the Technology and Economic Assessment Panel (TEAP) Decision XXXV/11 Task Force report on life cycle refrigerant management' Available here: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-May2024-DecXXXV-11-TF-Report.pdf>
33. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research (2023) 'GHG emissions of all world countries' Available here: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023
34. UNEP (May 2024) 'Report of the Technology and Economic Assessment Panel (TEAP) Decision XXXV/11 Task Force report on life cycle refrigerant management' Available here: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/TEAP-May2024-DecXXXV-11-TF-Report.pdf>