

PRODUTO 4

“DADOS RESULTANTES DA PESQUISA SOBRE O CONSUMO HISTÓRICO E FUTURO DE ALTERNATIVAS ÀS SDO_s NO SETOR DE REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO – MANUFATURA DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS”

Consultor: Gutenberg da Silva Pereira
Brasil, dezembro de 2019

ÍNDICE

1. Introdução	3
2. Escopo do Trabalho	3
3. Escopo do Produto 4	3
4. Resumo Executivo	4
5. Informações Gerais	5
6. Metodologia para coleta de dados	6
7. Setores usando SDOs e alternativas às SDOs	8
8. Padrões de crescimento e análise do consumo de alternativas às SDOs, por tipo de substância, para o período de 2009 a 2018	21
9. Metodologia e previsão do crescimento de alternativas às SDOs utilizadas em cada setor com previsão até 2030	39
10. Disponibilidade e preços das alternativas às SDOs identificadas	122
11. Comparação do uso das alternativas às SDOs com as SDOs a serem substituídas	125
12. Oportunidades e desafios enfrentados no uso e na adoção de alternativas às SDOs de baixo GWP	127
13. Revisão e acréscimo de normas técnicas	129
14. Vínculo dos fluidos alternativos às SDOs com o PBH	131
15. Descrição do impacto das substâncias alternativas às SDOs ao meio ambiente	133
16. Conclusões e recomendações	134
16.1 Conclusões	134
16.2 Recomendações	135

1. Introdução

Esse trabalho tem como objetivo a coleta de informações sobre o uso, consumo histórico e futuro das alternativas às SDOs no setor de manufatura de equipamentos e aparelhos de ar condicionado, no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração doméstica, comercial e industrial, e no setor de serviços de refrigeração e ar condicionado (RAC), incluindo seus subsetores; considerando substâncias alternativas de baixo, médio e alto Potencial de Aquecimento Global (GWP). A pesquisa fornecerá uma visão abrangente do mercado nacional onde as alternativas às SDOs para os referidos setores foram e/ou serão gradualmente implantadas, levando em consideração as tecnologias existentes.

A pesquisa foi realizada tendo como referência o documento “Guia de Preparação de Pesquisa sobre alternativas às SDOs”, do Anexo Técnico do Termo de Referência.

2. Escopo do Trabalho

Este trabalho mostra os dados resultantes da pesquisa sobre o consumo histórico e futuro de alternativas às SDOs, nos seguintes setores, incluindo seus subsetores:

- i) manufatura de equipamentos de ar condicionado, incluindo seus subsetores;
- ii) manufatura de equipamentos de refrigeração, incluindo seus subsetores, considerando as aplicações doméstica, comercial e industrial; e
- iii) serviços de refrigeração e ar condicionado.

3. Escopo do Produto 4

Este documento contempla a apresentação dos dados resultantes da pesquisa sobre o consumo histórico e futuro das alternativas às SDOs, de acordo com o descrito na Atividade 3 do Termos de Referência deste trabalho, mostrada abaixo:

Atividade 3. Apresentar os dados resultantes da pesquisa sobre o consumo histórico e futuro de alternativas às SDOs, conforme orientações apresentadas abaixo:

O relatório final deve apresentar os resultados da pesquisa descrevendo as atividades realizadas, a análise dos dados coletados, conclusões e recomendações. As tabelas de resumo fornecidas no Anexo II do Guia de Preparação de Pesquisa sobre alternativas às SDOs (Anexo Técnico deste documento) para o(s) setor(es) especificados neste termo de referência são de preenchimento obrigatório e devem ser usadas para apresentar os dados coletados.

Os principais componentes do relatório são descritos abaixo, não se limitando a eles:

- **Resumo executivo.** Apresenta uma visão geral das principais informações contidas no relatório, incluindo um resumo dos dados coletados destacando as alternativas às SDOs mais comumente usadas no(s) setor(es) e subsetores.
- **Informações gerais.** Fornece uma breve descrição das informações relevantes do País relacionadas ao uso das alternativas às SDOs, incluindo a estrutura institucional, estrutura regulatória e controles existentes (isto é, controles de importação e exportação de SDOs e alternativas às SDOs); além de legislações, políticas ou normas planejadas a serem implementadas.

- **Metodologia para coleta de dados.** Descreve a metodologia desenvolvida para coleta, validação e análise de dados, incluindo as instituições envolvidas e as fontes das quais os dados foram obtidos.
- **Setores usando SDOs e alternativas às SDOs, e análise dos dados coletados:** Descreve os dados coletados sobre o uso de alternativas de SDOs no País, a distribuição e cadeia de fornecimento, os setores e subsetores onde as alternativas às SDOs são usadas e a produção de alternativas às SDOs (se aplicável). Estas informações devem ser fornecidas, na medida do possível, em tabelas, incluindo, entre outros, as informações solicitadas no Anexo II do Guia de Preparação de Pesquisa sobre alternativas às SDOs (Anexo Técnico). Também deve conter:
 - i. análise dos dados coletados, incluindo as informações de consumo para o período de 2012 a 2017;
 - ii. o consumo previsto para o período entre 2018 e 2030;
 - iii. a disponibilidade e preços das alternativas às SDOs identificadas;
 - iv. uma comparação do uso destas alternativas às SDOs com as SDOs a serem substituídas (isto é, HCFC);
 - v. desafios enfrentados no uso e na adoção dessas alternativas às SDOs, e soluções propostas, se houver; e
 - vi. descrição do impacto dessas alternativas às SDOs ao meio ambiente.
- **Conclusões e recomendações:** Apresenta as principais questões encontradas durante o processo, as evidências/descobertas que demandam a realização de ações e as recomendações.

4. Resumo executivo

Este relatório informa os dados coletados das empresas do setor de manufatura e serviços, de associações e sindicatos e também de importadoras e distribuidoras de fluidos refrigerantes sobre a utilização de alternativas às SDOs nos seguintes setores:

- i) Manufatura de equipamentos de ar condicionado, incluindo seus subsetores, tais como ar condicionado de janela, split, rooftop, self contained, vrf e chiller;
- ii) Manufatura de equipamentos de refrigeração, incluindo seus subsetores, tais como refrigeração doméstica, comercial e industrial;
- iii) Serviços de refrigeração e ar condicionado.

Neste documento também é realizada a análise dos dados coletados, referentes ao consumo histórico e previsão futura do consumo de fluidos alternativos às SDOs, bem como é apresentada a metodologia utilizada.

Para a coleta de dados, foi realizada pesquisa em 103 empresas do setor de serviços, 42 empresas do setor de manufatura e também em associações e sindicatos do setor de refrigeração e ar condicionado; de forma a estimar a utilização de substâncias alternativas às SDOs para o setor de serviços de refrigeração e ar condicionado e para o setor de manufatura de equipamentos. Também foram levantados os dados disponíveis em fontes institucionais do Governo, como MMA (Ministério do Meio Ambiente), IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) e ME (Ministério da Economia), além de importadores, exportadores e empresas vendedoras de insumos para o setor de refrigeração e ar condicionado.

Após análise inicial dos documentos, foi elaborada metodologia para a coleta de dados com foco nas alternativas específicas às SDOs utilizadas no Brasil no setor de serviços

de RAC e no setor de manufatura de equipamentos de RAC. A metodologia permitiu a realização de pesquisa abrangente, possibilitando seguir a cadeia de fornecimento, desde o momento em que a substância é encomendada e importada, até o seu envio para distribuidores, fabricantes e consumidores. A metodologia permitiu a identificação de como uma alternativa às SDOs começou a ser utilizada e as razões pelas quais foi escolhida em detrimento de outra. Os dados sobre o uso de alternativas às SDOs foram coletados a partir de 2012.

A pesquisa identificou as políticas existentes e planejadas, legislativas e/ou regulamentares, e as normas técnicas que apoiam a utilização das alternativas às SDOs e a eficiência energética de equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Foi feita uma comparação das informações obtidas de fontes institucionais (top-down) com as obtidas em campo (bottom-up), para garantir a consistência e confiabilidade dos dados. Foram coletadas informações sobre preços de eletricidade em cada região. A pesquisa sobre o consumo de alternativas às SDOs foi realizada por meio de entrevista (levantamento de campo) e também pela aplicação de questionários previamente elaborados. A análise dos dados coletados contribuiu para se obter os padrões de crescimento do consumo de alternativas de SDOs por tipo de substância.

O trabalho desenvolvido permitiu estimar o uso atual e futuro das alternativas às SDOs, por tipo de substância, setor e subsetor, a partir de informações coletadas de fornecedores/importadores de produtos químicos, associações e sindicatos, empresas de manufatura e serviços de refrigeração e ar condicionado. Também foi realizada a coleta de dados de importação e exportação, preços e disponibilidade das alternativas às SDOs comumente usadas no País.

Uma descrição dos vínculos com o PBH foi realizada, dando as devidas considerações sobre como a eliminação progressiva dos HCFCs têm influenciado na introdução de alternativas às SDOs.

5. Informações Gerais

O Brasil utiliza o HFC-134a, HFC-404A, HFC-407C, HFC-410A, HC-290, HC-600a, R-744, R-717, R-438A, R-449A, R-513A, HFC-32, R-1234yf, R-402A, R-402B, R-407A, R-427A e R-454B como fluidos alternativos às SDOs nas diversas aplicações para os setores de refrigeração e ar condicionado. A demanda de cada fluido depende, principalmente, do tipo de aplicação, da disponibilidade e facilidade de aquisição, dos custos, do tempo de utilização no mercado nacional e dos requisitos de segurança envolvidos. Estas alternativas entram para substituir principalmente os fluidos HCFC-22 e R-502.

O Ministério do Meio Ambiente atua como Unidade Nacional de Ozônio para o Protocolo de Montreal (NOU), responsável pela coordenação e implementação de todos os projetos financiados pelo Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal (FML).

O controle do consumo de SDOs é realizado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), que é uma autarquia federal vinculada

ao MMA, responsável pelo monitoramento do comércio, da utilização e da fiscalização das SDOs no Brasil. Com relação à utilização de fluidos alternativos às SDOs, o referido órgão realiza somente o monitoramento da importação dos HFCs e HFOs consumidos pelo País, por meio do sistema CTF/APP (Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais), visto que não há restrição para o consumo dessas substâncias no Brasil.

Após o fluido ser importado, este geralmente é repassado para os grandes distribuidores e fabricantes de equipamentos de refrigeração a ar condicionado. Depois os grandes distribuidores repassam estes fluidos para distribuidores menores e lojas de componentes e material de consumo dos setores de refrigeração e ar condicionado.

Os projetos desenvolvidos no âmbito do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) têm apoiado a adoção de soluções ambientalmente adequadas, a partir da utilização de fluidos substitutos de zero PDO (Potencial de Destruição do Ozônio) e de baixo GWP. No caso da eliminação do consumo de HCFC-22 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial, as empresas beneficiárias têm privilegiado a utilização do fluido HC-290, devido ao amplo domínio tecnológico e da aceitação pelo mercado nacional de equipamentos de pequeno porte com carga de fluido menor que 150 gramas. Para o setor de ar condicionado, o fluido predominante utilizado é o R-410A. A adoção de fluidos de baixo GWP, tal como o HC-290, é vista como uma solução de longo prazo, pois os fabricantes realizaram investimentos recentes e temem pela falta de segurança das instalações, potencializada em grande parte pela mão de obra disponível não ser plenamente qualificada ou certificada. Outro aspecto a ser destacado no PBH são os treinamentos para a aplicação das boas práticas durante os serviços de instalação, manutenção e reparo de sistemas de refrigeração e ar condicionado. Além das capacitações para a redução dos vazamentos de HCFC-22, estão previstas capacitações para a formação de mão de obra na utilização de fluidos alternativos, tais como o CO₂ e o HC-290. Ao todo, serão capacitados 300 técnicos para o setor de refrigeração comercial e 700 para o setor de ar condicionado.

Com relação às normas planejadas, destaque-se que o ABNT/CB-055 – Comitê Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento – vem desenvolvendo uma norma para a substituição da Norma ABNT NBR 16.069, que trata de segurança de sistema de refrigeração e climatização. A nova norma ABNT NBR ISO 5149 irá abordar os aspectos de segurança de sistemas de refrigeração e ar condicionado de forma mais ampla, definindo os requisitos ambientais, critérios e procedimentos para a utilização de qualquer tipo de fluido frigorífico, desde que aprovado pelas normas internacionais Ashrae Standards 34 ou ISO 817.

6. Metodologia para a coleta de dados

Neste capítulo são mostradas as formas utilizadas neste trabalho para a coleta de dados e suas fontes de referências.

6.1 Coleta de dados dos órgãos do Governo

Foram pesquisados os dados disponíveis de órgãos do Governo, tais como: MMA, IBAMA, MCTIC, ME, cujo objetivo foi de coletar os dados de importação e exportação das substâncias alternativas às SDOs. Cada órgão pesquisado é citado abaixo:

MMA: Dados disponibilizados pelo próprio MMA, informações referentes aos dados oficiais reportados pelo IBAMA oriundos do CTF/APP (Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais), onde o CTF/APP é um sistema do próprio IBAMA; e também aos documentos disponíveis no sítio do Ministério do Meio Ambiente, referentes ao consumo histórico de SDOs.

IBAMA: Os dados foram disponibilizados pelo MMA decorrentes das informações repassadas pelo IBAMA/CTF/APP.

MCTIC: Os dados foram pesquisados no sítio do MCTIC¹, porém este sítio não possuía nenhum dado referente ao consumo de fluidos alternativos; por este motivo a pesquisa no sítio do MCTIC não foi utilizada.

ME: Os dados foram pesquisados no sítio oficial da Secretaria Especial da Fazenda², porém a pesquisa neste sítio tratava de legislações e regras tributárias, e por isso os dados da Secretaria Especial da Fazenda não foram utilizados. Já no sítio oficial da SECINT (Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais), por meio do sistema Aliceweb³, os dados foram pesquisados podendo ser visualizados como dados de importação e exportação das substâncias que entram e saem do Brasil com código de País de origem e Estado brasileiro de destino.

6.2 Coleta de dados em campo

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de questionários, visitas e ligações telefônicas para associações, sindicatos, importadores, distribuidores, fabricantes, instaladores e mantenedores, com o objetivo de obter informações referentes às alternativas às SDOs nos setores e subsetores de refrigeração e ar condicionado. A coleta de dados em campo foi realizada em etapas, contemplando a execução dos seguintes itens:

- Elaboração de lista prévia e realização de contato inicial;
- Coleta de informações;
- Realização de pesquisa de campo, por meio de visitas direcionadas.

6.2.1 Lista prévia e contato inicial

Como ponto de partida foi elaborada uma lista com mais de 3.000 empresas, contemplando todos os setores e subsetores de refrigeração e ar condicionado, além de associados da ABRAVA, ASBRAV, Sindratar-PE, Sindratar-BA, Sindratar-SP, Sindratar-RJ e sindicatos metalúrgicos que possuem empresas de refrigeração e ar condicionado associadas.

Das 3.000 empresas, 634 foram contatadas via telefone, sendo 522 empresas do setor de serviços e 119 empresas fabricantes dos diversos subsetores.

¹ <https://www.mctic.gov.br/mctic/openems>

² <http://receita.economia.gov.br/orientacao/aduaneira/importacao-e-exportacao/importacao/>

³ www.aliceweb.mdic.gov.br

Das 522 empresas do setor de serviços contatadas, 103 mostraram interesse em colaborar com a pesquisa. Das 119 empresas fabricantes, 42 mostraram interesse em participar da pesquisa.

6.2.2 Coleta de informações

Após o contato inicial via telefone, foram repassados os questionários via e-mail para 145 empresas. Depois de duas semanas, foram realizadas ligações novamente para complementação dos questionários.

6.2.3 Pesquisa de campo (visitas)

Foram realizadas visitas direcionadas à ABRAVA, à feira da APAS e a empresas importantes do setor de refrigeração e ar condicionado. Os Anexos 1 e 2 (Produto 2 do Termo de Referência) contêm os relatórios das visitas com informações relevantes levantadas junto às empresas. Abaixo, seguem as empresas e associações visitadas:

- ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento)
- APAS (Associação Paulista de Supermercados)
- Zeon
- Refrigeração Marechal
- Blue Ar
- Karisfrio
- Frigelar
- Refrigeração Bandeirantes
- Dufrio
- Grupo (Springer, Carrier, Midea)
- LG
- Mycom (Mayekawa)
- Danfoss

No arquivo em Excel do Produto 2 do Termo de Referência são apresentadas as empresas e instituições que foram contatadas para a realização da pesquisa de coleta de dados.

7. Setores usando SDOs e alternativas às SDOs

Os setores que utilizam os fluidos refrigerantes SDOs e alternativos às SDOs são os de refrigeração e ar condicionado, tendo como subsetores:

Setor de Refrigeração

- Refrigeração doméstica
 - Refrigerador
 - Freezer
- Refrigeração comercial
 - *Stand-alone*
 - Unidades condensadoras
 - Sistemas centralizados
 - Transporte

- Refrigeração industrial

Setor de Ar condicionado

- Ar condicionado do tipo janela
- Ar condicionado do tipo Split
- *Rooftop*
- *Self contained*
- VRF
- *Chiller*

7.1 Refrigeração

7.1.1 Refrigeração doméstica

Este setor é composto principalmente por aparelhos do tipo refrigerador e freezer; e os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a e o HC-600a. No caso do HFC-134a tem-se uma média de 16% sendo usado para o setor de manufatura e 84% no setor de serviços. No caso do HC-600a tem-se uma média de 80% sendo usado no setor de manufatura e 20% no setor de serviços.

No caso do HC-600a, o número percentual consumido de 20% no setor de serviços é devido à maioria dos aparelhos de refrigeração doméstica fabricados com HC-600a ainda não terem apresentado problemas em relação à idade dos aparelhos, mas a previsão é que no prazo de cinco anos este número possa aumentar graças ao tempo de vida dos aparelhos, e surgimento de problemas, tais como quebra dos compressores e outros.

7.1.2 Refrigeração comercial

Este setor é composto por equipamentos do tipo *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, e os fluidos alternativos às SDOs utilizados são o HFC-134a, HFC-404A, CO₂, HC-290 e R-454B.

Stand-alone

Os equipamentos do tipo *stand-alone* são equipamentos autônomos, onde todos os componentes do sistema de refrigeração se encontram em um único compartimento, a exemplo de pequenos expositores e ilhas comerciais. Os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a, o HFC-404A e o HC-290. No caso do HFC-134a tem-se uma média de 16% sendo usado no setor de manufatura e de 84% no setor de serviços. No caso do HFC-404A tem-se uma média de 24% sendo usado no setor de manufatura e de 76% no setor de serviços. No caso do HC-290, tem-se uma média de 100% do seu uso no setor de manufatura, visto que a fabricação destes equipamentos foi iniciada recentemente.

Unidades condensadoras

São equipamentos que contêm vários componentes do sistema de refrigeração, tais como compressor e condensador. Em muitos casos, esses equipamentos também contêm tanque

de líquido, separador de líquido, filtro secador, e sensores de temperatura e pressão. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22 com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a e HFC-404A. No caso do HFC-134a, tem-se uma média de 16% sendo usado no setor de manufatura e de 84% no setor de serviços. E no caso do HFC-404A, tem-se uma média de 24% sendo usado no setor de manufatura e de 76% usado no setor de serviços.

Sistemas centralizados

São sistemas onde os equipamentos como compressores, sistema de controles e bombas estão em um único local, geralmente protegidos dentro de uma casa de máquinas, e os outros componentes como evaporadores e condensadores ficam em locais distintos dependendo da necessidade da instalação. Geralmente, são sistemas de médio e grande porte com longas linhas de sucção, de descarga e de líquido. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do uso voltado para o setor de serviços, e os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a, HFC-404A, CO₂, R-454B e R-290. No caso do HFC-134a, tem-se uma média de uso de 16% no setor de manufatura e de 84% no setor de serviços. No caso do HFC-404A, tem-se uma média de uso de 24% no setor de manufatura e de 76% no setor de serviços. Para o CO₂, tem-se uma média de uso de 30% no setor de manufatura e de 70% no setor de serviços. Para o R-454B, tem-se 100% do seu uso para novas instalações, visto que esse fluido começou a ser utilizado recentemente, mas com tendência de crescimento. Para o R-290, tem-se 100% do seu uso para novas instalações, visto que começou a ser utilizado recentemente, mas com tendência de crescimento.

Transporte

Estes sistemas são instalados em caminhões, embarcações e containers, para o transporte de produtos refrigerados ou congelados. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a e HFC-404A. No caso do HFC-134a tem-se uma média de 16% no setor de manufatura e de 84% no setor de serviços. No caso do HFC-404A tem-se uma média de 24% no setor de manufatura e de 76% no setor de serviços.

7.1.3 Refrigeração industrial

São instalações de refrigeração cuja finalidade é o resfriamento ou congelamento de produtos, ou para o controle de temperatura de ambientes, ou de processos industriais. Estas instalações geralmente são de grande porte e o fluido utilizado predominantemente é a amônia. Há uma média de 0,5% no setor de manufatura e de 95% no setor de serviços.

7.2 Ar condicionado

7.2.1 Ar condicionado do tipo janela

São aparelhos de ar condicionado do tipo autônomos, onde o fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e o fluido alternativo às SDOs utilizado atualmente é o HFC-410A, com uma média de 80% no setor de manufatura e de 20% no setor de serviços, devido à conversão neste subsetor ter ocorrido

recentemente, mas com tendência de aumento do seu uso no setor de serviços no período de 5 anos.

7.2.2 Ar condicionado split

São aparelhos de ar condicionado que contêm duas unidades, evaporadora e condensadora, unidas por meio de tubulações. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e o fluido alternativo às SDOs utilizado atualmente é o HFC-410A, com uma média de 45% no setor de manufatura e de 55% no setor de serviços.

7.2.3 Rooftop

O *rooftop* é uma central de ar condicionado compacta, que não necessita de casa de máquinas e é indicado para ambientes de grandes proporções, com poucas divisórias (paredes), como galpões, salões de festas, tendas de eventos, entre outros. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e o fluido alternativo às SDOs utilizado atualmente é o HFC-410A, com uma média de 45% no setor de manufatura e de 55% no setor de serviços.

7.2.4 Self contained

O equipamento *self contained* é uma central de ar condicionado compacta de médio porte, indicada para ambientes que necessitem de carga térmica entre 5 a 20 TRs (Toneladas de Refrigeração), sendo indicado para estabelecimentos comerciais, tais como bancos, galpões, salas comerciais, entre outros. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a e o HFC-410A. O consumo do HFC-134a apresenta uma média de 16% no setor de manufatura e de 84% usado no setor de serviços. No caso do HFC-410A, a média de consumo é de 45% no setor de manufatura e de 55% no setor de serviços.

7.2.5 VRF (Fluxo de Refrigerante Variável)

O VRF é um sistema de ar condicionado compacto de médio ou grande porte, sendo indicado para ambientes de diversos tamanhos e cargas térmicas variáveis. São utilizados em estabelecimentos comerciais de médio e grande porte, tais como bancos, galpões, salas comerciais, salão de eventos, entre outros. O fluido alternativo às SDOs utilizado atualmente é o HFC-410A, com uma média de 45% no setor de manufatura e de 55% no setor de serviços.

7.2.6 Chiller

O sistema de ar-condicionado do tipo *Chiller* é utilizado em grandes instalações, tais como bancos, galpões, prédios comerciais e corporativos, shoppings, parques de eventos, entre outros. O fluido SDO utilizado é o HCFC-22, com 100% do seu uso voltado para o setor de serviços, e os fluidos alternativos às SDOs utilizados atualmente são o HFC-134a e o HFC-410A. O consumo do HFC-134a apresenta uma média de 18% no setor de manufatura e de 82% no setor de serviços. No caso do HFC-410A, a média de consumo é de 45% no setor de manufatura e de 55% no setor de serviços, mas com tendência de crescimento para os próximos 5 anos.

7.3 Tabelas do Anexo Técnico do Termo de Referência deste trabalho

Na tabela 1, que consta do anexo 2 do Anexo Técnico do termo de referência, são apresentadas as estimativas de uso de substâncias alternativas às SDOs no período de 2012 a 2018.

Tabela 1 – Estimativa de uso de substâncias alternativas às SDOs, considerando os fluidos HFC-32 e HFC-125 dentro da composição do HFC-410A.

Alternativa	Uso estimado (tonelada métrica)						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HFC*							
HFC-134a	8054,3	8890,73	10832,33	9418,7	7593,27	9736,25	9347,45
HFC-32							
HFC-152a							
HFC-161							
HFC-245fa							
HFC-227ea/HFC-365mfc							
HFC-125							
Outros (especificar)							
HFC blends							
R-404A					1593,49	2046,5	1866,52
R-407C					650,73	565,96	481,19
R-410A	2836,59	5597,11	6781,46	6936,86	3633,42	5190,98	7043,83
R-507A							
Outros (especificar)							
HFO							
HFO-1234yf				0,52	1,7	2,87	12
HFO-1234ze							
HFO-1233zd							
HFO-1336mzzm							
Outras alternativas							
Formiato de metila							
Metilal							
Etanol							
DME							
HC-290						5	17
HC-600a	27,65	27,12	26,14	25,4	100,1	131,6	247,16
Pentano (CNI)							
R-744	18	21	23	22	24,5	25	27
R-717	3950	5200	5300	4750	4200	3950	3876,9
R-449A							81
R-513A							74
R-427A							85
R-454B							3,6
R-402A					3	35,5	68
R-402B					166	10,98	92
Outros (especificar)							

Fonte: IBAMA, dados repassados pelo MMA, Sistema AliceWeb e complemento de informações junto aos importadores e setores de manufatura e serviços (2019).

Na tabela 2, que consta do anexo 2 do Anexo Técnico do termo de referência, é apresentado o uso de substâncias alternativas às SDOs, no período de 2012 a 2018, separado por setores de manufatura e serviços.

Tabela 2 - Resumo do uso em todos os setores para os anos de 2012 a 2018* (tonelada métrica).

Alternativa	Uso estimado (tonelada métrica)													
	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Refrigeração e ar condicionado		Refrigeração e ar condicionado		Refrigeração e ar condicionado		Refrigeração e ar condicionado		Refrigeração e ar condicionado		Refrigeração e ar condicionado		Refrigeração e ar condicionado	
	Manufatura	Serviços	Manufatura	Serviços	Manufatura	Serviços	Manufatura	Serviços	Manufatura	Serviços	Manufatura	Serviços	Manufatura	Serviços
HFC*														
HFC-134a	1288,69	6765,6	1422,51	7468,2	1733,17	9099,15	1506,9	7911,7	1214,9	6378,3	1557,8	8178,45	1495,6	7851,86
HFC-32														
HFC-152a														
HFC-161														
HFC-245fa														
HFC-227ea/HFC-365mfc														
HFC-125														
Outros (especificar)														
HFC blends														
R-404A									382,44	1211,05	491,16	1555,34	447,96	1418,55
R-407C										650,73		565,96		481,19
R-410A	1276,47	1560,12	2518,7	3078,41	3051,65	3729,8	3121,58	3815,27	1635,04	1998,38	2335,9	2855,03	3168,72	3874,1
R-507A														
Outros (especificar)														
HFO														
HFO-1234yf								0,52		1,7		2,87		12
HFO-1234ze														
HFO-1233zd														
HFO-1336mzzm														
Outras alternativas														
Formiato de metila														
Metilal														
Etanol														
DME														
HC-290											5		17	
HC-600a	22,12	5,53	21,7	5,42	21	5,23	20,32	5,08	80	20,02	105,28	26,32	197,73	49,4
Pentano (CNI)														
R-744	5,4	12,6	6,3	14,7	6,9	16,1	6,6	15,4	7,35	17,15	7,5	17,5	8,1	18,9
R-717	197,5	3752,5	260	4940	265	5035	237,5	4512,5	210	3990	197,5	3752,5	193,84	3683,05
R-449A														81
R-513A														74
R-427A														85
R-454B													3,6	
R-402A										3		35,5		68
R-402B										166		10,98		92
Outros (especificar)														

Fonte: IBAMA, dados repassados pelo MMA, Sistema AliceWeb e complemento de informações junto aos importadores e setores de manufatura e serviços (2019).

Na tabela 3, que consta do anexo 2 do Anexo Técnico do termo de referência, é apresentada a quantidade de substâncias alternativas às SDOs importadas no período de 2012 a 2018.

Tabela 3 - Quantidade importada de substâncias alternativas às SDOs.

Alternativa	Importação (tonelada métrica)						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HFC*							
HFC-134a	8054,3	8890,73	10832,33	9418,7	7593,27	9736,25	9347,45
HFC-32	667,53	1260,41	1219,17	1541,05	162,84	664,17	1468,42
HFC-152a							
HFC-161							
HFC-245fa							
HFC-227ea/HFC-365mfc							
HFC-125	1219,13	2012,1	2065,59	2688,07	132,58	722,64	1492,38
Outros (especificar)							
HFC blends							
R-404A					1593,49	2046,5	1866,52
R-407C					650,73	565,96	481,19
R-410A	949,93	2324,6	3496,7	2707,74	3338	3804,17	4083,03
R-507A							
Outros (especificar)							
HFO							
HFO-1234yf				0,52	1,7	2,87	12
HFO-1234ze							
HFO-1233zd							
HFO-1336mzzm							
Outras alternativas							
Formiato de metila							
Metilal							
Etanol							
DME							
HC-290						5	17
HC-600a	27,65	27,12	26,14	25,4	100,1	131,6	247,16
Pentano (CNI)							
R-744	18	21	23	22	24,5	25	27
R-717	3950	5200	5300	4750	4200	3950	3876,9
R-449A							81
R-513A							74
R-427A							85
R-454B							3,6
R-402A					3	35,5	68
R-402B					166	10,98	92
Outros (especificar)							

Fonte: IBAMA, dados repassados pelo MMA, Sistema AliceWeb e complemento de informações junto aos importadores e setores de manufatura e serviços (2019).

Na tabela 4, que consta do anexo 2 do Anexo Técnico do termo de referência, é apresentada a quantidade de substâncias alternativas às SDOs exportadas no período de 2012 a 2018.

Tabela 4 - Quantidade exportada de substâncias alternativas às SDOs.

Alternativa	Exportação (tonelada métrica)						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HFC*							
HFC-134a							
HFC-32							
HFC-152a							
HFC-161							
HFC-245fa							
HFC-227ea/HFC-365mfc							
Outros (especificar)							
HFC blends							
R-404A							0,11
R-407C							
R-410A							18,08
R-507A							
Outros (especificar)							
HFO							
HFO-1234yf							
HFO-1234ze							
HFO-1233zd							
HFO-1336mzzm							
Outras alternativas							
Formiato de metila							
Metilal							
Etanol							
DME							
HC-290							
HC-600a							
Pentano (CNI)							
R-744							
R-717							
Outros (especificar)							

Fonte: IBAMA, dados repassados pelo MMA (2019).

Na tabela 5, que consta do anexo 2 do termo de referência, é apresentada a produção de substâncias alternativas às SDOs, no período de 2012 a 2018, que evidenciam que não há produção local destas substâncias. Entretanto, com relação ao R-290, destaca-se que, embora haja grande produção local para atender processos industriais, o nível de pureza de cerca de 96% da substância produzida não é recomendado para sistemas de refrigeração e ar condicionado, visto que deve ser superior à 99,5%, conforme norma ABNT NBR 16.667:2018 (Especificações para Fluidos Frigoríficos).

Tabela 5 - Quantidade produzida de substâncias alternativas às SDOs*.

Alternativa	Produção (tonelada métrica)						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
HFC*							
HFC-134a							
HFC-32							
HFC-152a							
HFC-161							
HFC-245fa							
HFC-227ea/HFC-365mfc							
Outros (especificar)							
HFC blends							
R-404A							
R-407C							
R-410A							
R-507A							
Outros (especificar)							
HFO							
HFO-1234yf							
HFO-1234ze							
HFO-1233zd							
HFO-1336mzzm							
Outras alternativas							
Formiato de metila							
Metilal							
Etanol							
DME							
HC-290							
HC-600a							
Pentano (CNI)							
R-744							
R-717							
Outros (especificar)							

Fonte: IBAMA, dados repassados pelo MMA (2019).

		R-410A										
		R-717	273	386	421	549	576	421	247	215	184	
		HCs										
		Outros (especificar)										
Refrigeração de transporte (contêineres e navios)	1 - 1000	R-404A						2.630	2.516	2.487	2.528	
		HFC-134a			8.186	8.927	9.315	9.208	8.806	8.706	8.806	
		R-744										
		R-717										
		Outros (especificar)										

Fonte: Pesquisa realizada junto as empresas do setor de manufatura de refrigeração, Eletros e ABRVA (2019).

Na tabela 7, que consta como tabela 9 do anexo 1 do Anexo Técnico do termo de referência, são apresentados dados coletados sobre o uso das alternativas às SDOs no setor de manufatura de ar condicionado.

Tabela 7: Dados coletados sobre o uso dos alternativos às SDOs no setor de manufatura de ar condicionado

Aplicação	Carga de Refrigerante (kg)	Alternativas	Quantidade (Unidades)									
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ar condicionado doméstico (incluindo pequenos aparelhos do tipo split)	0.2 - 3	R-410A	1.178.098	2.689.808	3.645.476	4.144.378	5.504.039	6.137.180	1.707.437	3.242.958	3.955.824	
		R-407C										
		HFC-161										
		HFC-32										
		HC-290										
		Outros (especificar) HCFC-22	1.004.140	730.008								

Outros sistemas de ar condicionado (incluindo split, multi-split e sistemas de refrigerante variável, dutado e rooftop)	3 - 100	R-410A			291.638	331.550	440.323	490.974	136.595	259.436	316.465		
		R-407C											
		HFC-161											
		HFC-32											
		HC-290											
		CO ₂											
		Outros (especificar)											
Chillers (resfriadores de água de tamanho pequeno, médio e grande)	500 - 13000	R-407C											
		R-410A									2.500		
		HC-290										20	
		HC-1270											
		HFC-134a	12.959	29.587	40.100	45.588	60.544	67.508	18.781	29.186	35.602		
		HFC-32											
		R-717										250	
Outros (especificar)													
Bombas de calor (bombas de calor para aquecimento (ar-água) e bombas de aquecimento doméstico (ar))	3 à 6	R-410A			437.468	497.325	660.484	736.461	204.892	389.155	474.698		
		R-717											
		HFC-134a											
		Outros (especificar) HCFC-22	150.621	109.501									
Grandes sistemas de aquecimento urbano (esgoto)	250 - 7000	HFC-134a											
		R-717											
		Outros (especificar)											

Fonte: Pesquisa realizada junto as empresas do setor de manufatura de ar condicionado, Eletros e ABRVA (2019).

Na tabela 8, que consta como tabela 11 do anexo 1 do Anexo Técnico do termo de referência, são apresentados os dados coletados sobre o uso das alternativas às SDOs no setor de serviços de refrigeração e ar condicionado.

Tabela 8: Dados coletados sobre o uso dos alternativos às SDOs no setor de serviços de refrigeração e ar condicionado.

Substância	Carga por unidade (kg/un.)	Capacidade de refrigeração (kw)	Eficiência energética relação* (kW/ton)	N. de unidades por ano	Uso (mt) "(Ton.)"									
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ar condicionado														
R-410A	1,3	3,52		1.846.154	177,92	434,18	797,94	1.250,00	1.800	2.200	2.150	2.350	2.400	
R-407C	1,3	3,52		362.307					540	580	651	520	471	
R-404A				2										
HFC-134a	135	562	0,45	16.030	1.175,17	1.784,85	1.623,74	1.792,37	2.183,79	1.898,81	1.530,80	1.962,82	2.164	
R-717	45	290		1.300					82	77	73	65	60	
Outros (R-1234yf)	0,5	1,5		24.000							5	8	12	
Outros (R-427A)	5	3,4		17.000							20	51	85	
* Opcional, quando disponível														
Refrigeração														
R-410A														
R-407C														
R-404A	5	10		262.600							1.338,53	1.719,06	1.313	
HFC-134a	1	0,1		2.232.000	3.721,4	5.652,04	5.141,86	5.674,84	6.915,35	6.012,89	4.847,54	6.215,62	2.232	
R-717	350	5.000		10.857					4.300	4.100	4.500	3.600	3.800	
HC	0,6	0,8		78.334					22	25	29	38	47	
Outros (R-744)	300	100		60					5	8	12	15	18	
Outros (R-438A)	2	3,52		211.111						30	60	150	190	
Outros (R-449A)	7	10		16.200							10	32	81	
Outros (R-513A)	8	10		9.250							7	28	74	
Outros (R-402A)	6	5		11.334					97	115	85	101	98	
Outros (R-402B)	6	6		15.334					89	103	82	97	92	
* Opcional, quando disponível														

Fonte: Pesquisa realizada junto as empresas do setor de serviços de refrigeração e ar condicionado (2019).

8. Padrões de crescimento e análise do consumo de alternativas às SDOs, por tipo de substância, para o período de 2009 a 2018.

Neste capítulo são apresentados os padrões de crescimento do consumo⁴ dos fluidos alternativos às SDOs e também do HCFC-22, durante o período de 2009 a 2018, conforme dados fornecidos pelo IBAMA e por outras fontes, divididos por setores e subsetores com base em pesquisa realizada junto às associações, sindicatos e empresas do setor de refrigeração e ar condicionado. Também são informados os principais fatores relacionados a estes consumos.

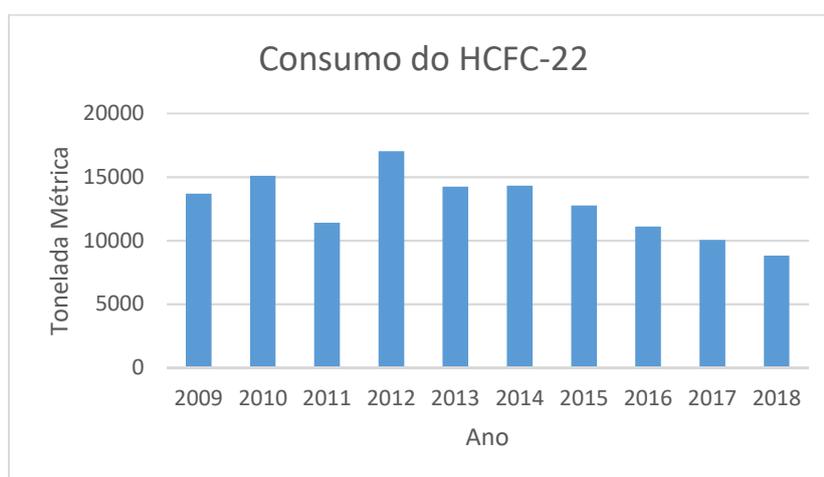
8.1 Padrão de crescimento do consumo do HCFC-22

Este fluido refrigerante teve seu consumo crescente nos últimos 10 anos, devido à eliminação dos CFCs, havendo assim muitos setores e aplicações que fazem uso dessa substância, tais como refrigeração com câmaras frigoríficas, sistemas racks de supermercados, tanto para operação de média, quanto de baixa temperatura, condicionadores de ar do tipo janela, condicionadores de ar do tipo split, *chillers*, equipamentos de ar condicionado do tipo *self-contained*, máquinas de gelo, entre outros, ou seja, existe um leque muito grande e diversificado de aplicações no setor de refrigeração e ar condicionado. Tem como características favoráveis de uso: a simplicidade dos sistemas, o manuseio relativamente seguro, a boa eficiência energética, sendo um fluido já muito conhecido e dominado pelos técnicos.

O alto consumo do HCFC-22 no setor de serviços está relacionado aos vazamentos, provocados, essencialmente, pela falta de manutenção e instalação adequada dos sistemas e equipamentos acima mencionados. Já no setor de manufatura, especificamente no de ar condicionado, o HCFC-22 não é mais utilizado, abrindo espaço para a utilização de fluidos alternativos às SDOs.

A figura 1 mostra o consumo do HCFC-22 entre os anos de 2009 a 2018.

Figura 1 – Consumo do HCFC-22, entre os anos de 2009 a 2018.

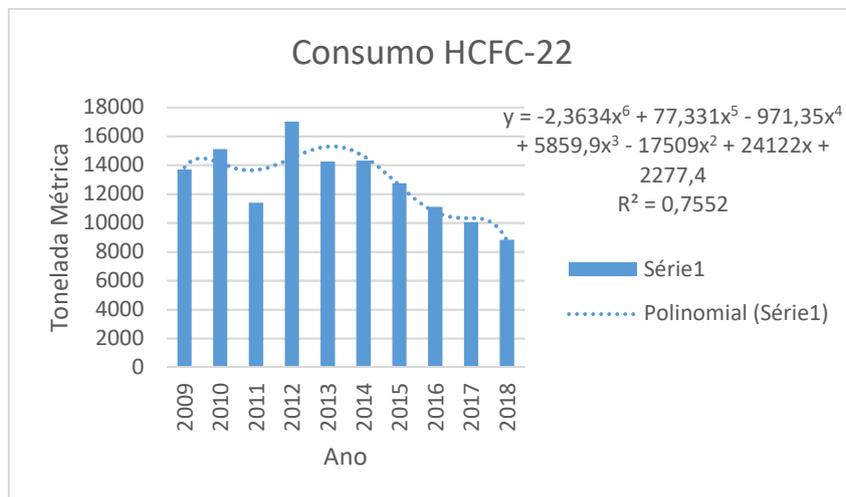


Fonte: IBAMA (2019).

⁴ O consumo para o Protocolo de Montreal é: Consumo = Produção + Importação – Exportação.

Como padrão de crescimento de 2009 a 2018 do HCFC-22, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 2. O polinômio mostra a linha de tendência, podendo ser utilizado como uma das ferramentas de previsão para o consumo futuro.

Figura 2 – Consumo do HCFC-22, entre os anos de 2009 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o R^2 é o coeficiente de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, em relação aos valores observados. O valor do R^2 quanto mais próximo de 1, melhor o modelo do polinômio se ajusta à amostra.

Onde o “x” representa o ano (formato milhar) em que se quer saber o consumo e o “y” é o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo, pois tem o R^2 igual a 0,7552, com 75% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como, neste caso específico, o decréscimo da importação do HCFC-22, por conta de sua eliminação gradual de acordo com o cronograma do Protocolo de Montreal, e também os fatores econômicos nacionais envolvidos, tais como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e taxa de crescimento no setor de serviços.

8.2 Padrão de crescimento do consumo do Hidrofluorcarbono - HFC-134a

Este fluido refrigerante chegou para substituir o CFC-12 em sistemas de ar condicionado automotivo e em sistemas de refrigeração residenciais e comerciais.

No caso de sistemas para refrigeração, este fluido é usado em câmaras frigoríficas e *racks* de média temperatura, *freezers* comerciais e também em sistemas residenciais, tais como geladeiras (refrigeradores) e freezers (congeladores).

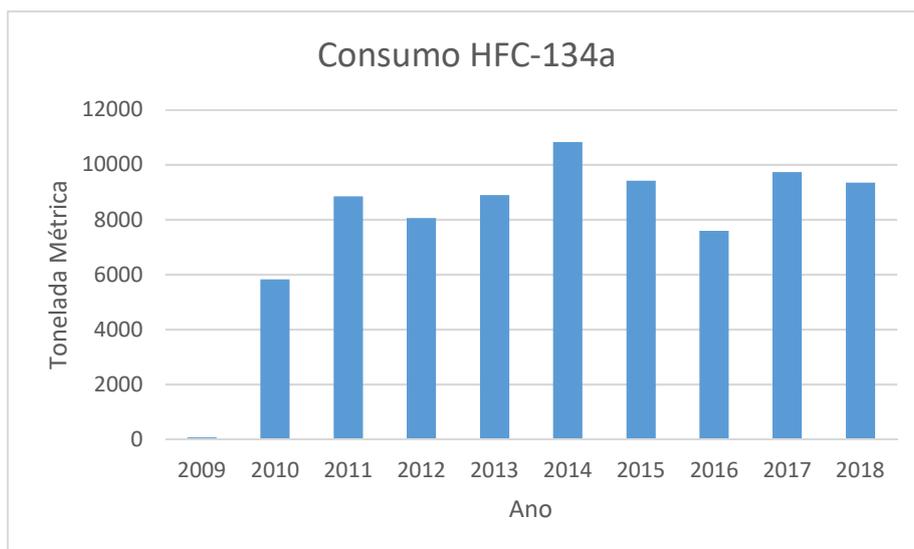
No caso dos sistemas de ar condicionado, este fluido é usado em sistemas de ar condicionado automotivo e *chillers*.

O consumo do HFC-134a no setor de serviços está relacionado com a manutenção e instalação dos sistemas e equipamentos acima mencionados.

No setor de manufatura de refrigeradores e *freezers* domésticos vem ocorrendo um aumento na transição do HFC-134a para os Hidrocarbonetos - HCs. Esta maior transição se intensificou a partir de 2016, onde 40% dos novos refrigeradores e *freezers* foram fabricados com fluido HC, e a cada ano este percentual aumenta (Segundo Eletros, Embraco, Electrolux, Whirlpool e Fricon).

No caso dos *chillers*, atualmente o fluido mais utilizado é o HFC-134a, seguido pelo HFC-410A. A figura 3 mostra o consumo do HFC-134a entre os anos de 2010 a 2018.

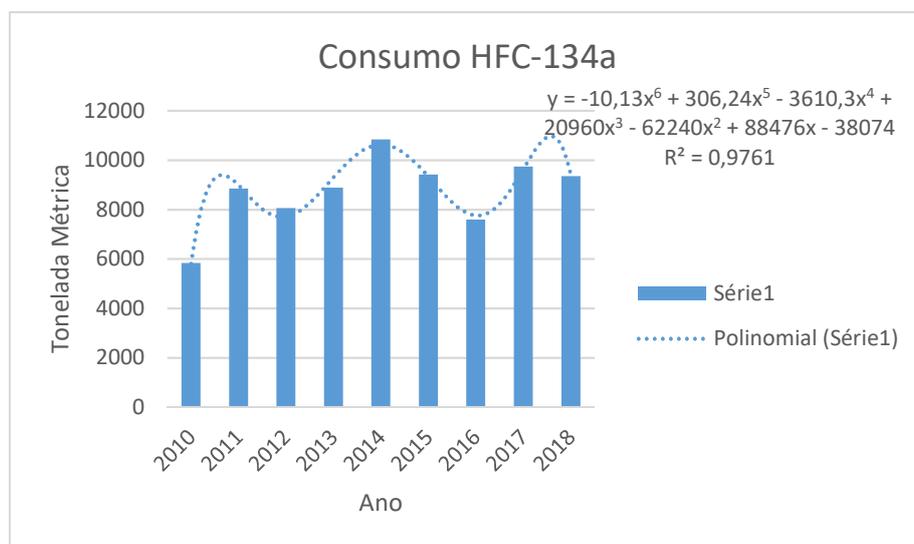
Figura 3 – Consumo do HFC-134a entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do HFC-134a, tem-se o gráfico e o polinômio apresentados na figura 4.

Figura 4 – Consumo do HFC-134a, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo, com R^2 igual a 0,9761, com 97% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e taxa de crescimento no setor de serviços.

O modelo acima mostra coerência com a consulta realizada entre as empresas do setor de serviços e setor de manufatura.

8.3 Padrão de crescimento do consumo do HFC-404A

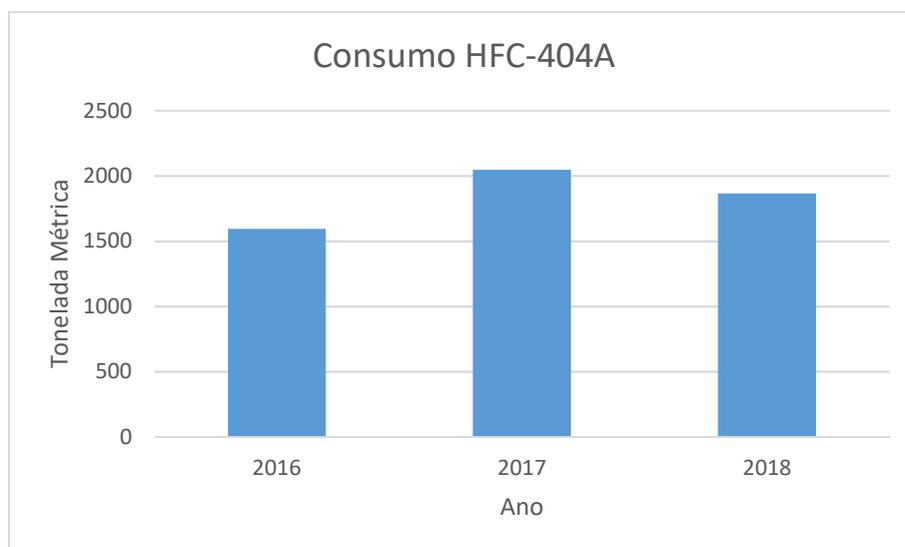
Este fluido refrigerante chegou para substituir o HCFC-22 nos sistemas de refrigeração comerciais de baixa temperatura, tais como câmaras frigoríficas e *racks* de baixa temperatura, mas também é utilizado em *freezers* comerciais.

No setor de serviços, o consumo do HFC-404A é destinado para a manutenção dos sistemas em operação e para instalação de novas câmaras frigoríficas e novos sistemas do tipo *rack* de baixa temperatura.

Já no setor de manufatura de *freezers* comerciais vem ocorrendo uma transição do HFC-404A para os HCs, que se intensificou a partir de 2017, no qual entre 35% a 38% dos novos *freezers* comerciais foram fabricados com o fluido HC, e a cada ano este percentual aumenta (segundo pesquisa realizada junto à Embraco e Fricon).

Já para os sistemas do tipo *rack* de baixa temperatura, o fluido predominante nos últimos anos tem sido o HFC-404A. Entretanto, iniciou-se uma transição para sistemas com CO_2 e HCs, com expectativa de crescimento apesar dos valores ainda serem baixos. A figura 5 mostra o consumo do HFC-404A entre os anos de 2016 a 2018.

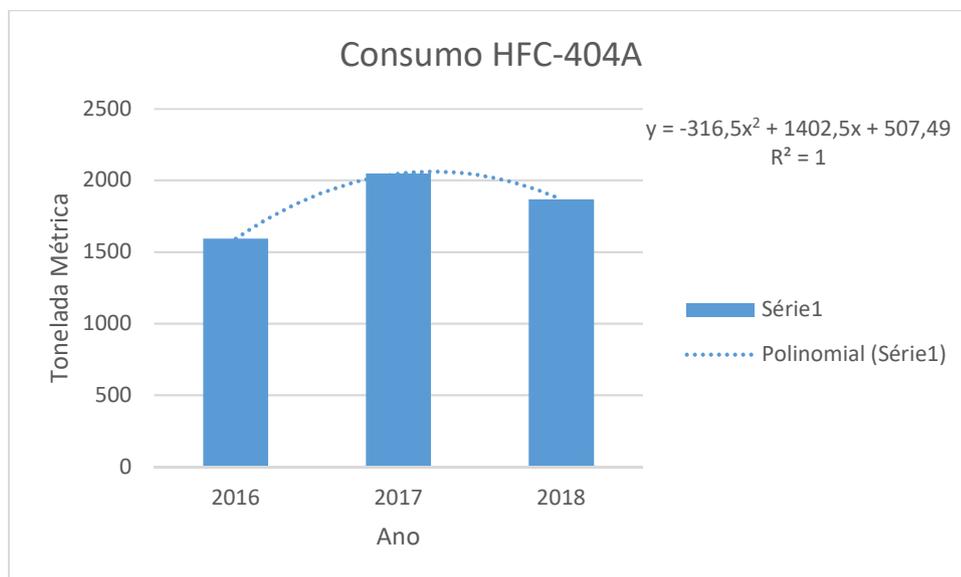
Figura 5 – Consumo do HFC-404A, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do HFC-404A, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 6.

Figura 6 – Consumo do HFC-404A, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de segunda ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como os fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços. Além da inserção de outros fluidos alternativos, tais como o CO_2 e o HC, fluidos refrigerantes concorrentes para aplicações similares.

8.4 Padrão de crescimento do consumo do HFC-407C

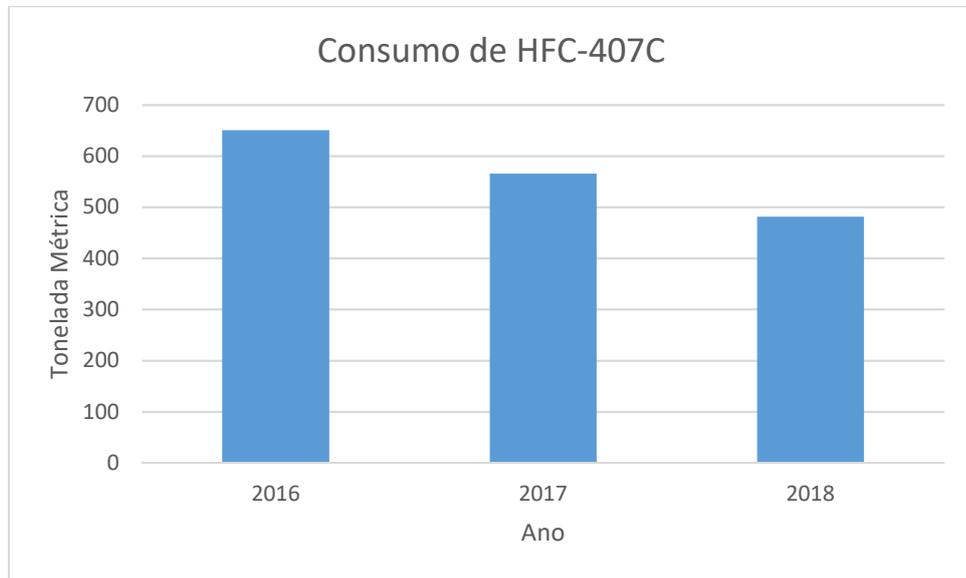
Este fluido refrigerante chegou para substituir o HCFC-22 em equipamentos novos, em aplicações de média e alta temperatura, tais como condicionador de ar doméstico e comercial, bomba de calor e *chillers*. Também pode ser utilizado como uma opção para o *retrofit*. Porém, no mercado brasileiro, o HFC-407C somente é utilizado como *retrofit* dos equipamentos do setor de ar condicionado e bombas de calor que foram fabricados com o HCFC-22.

O consumo do HFC-407C é destinado ao setor de serviços para *retrofit* e manutenção dos equipamentos citados anteriormente. É decrescente, dada a disponibilidade ainda existente do HCFC-22 no mercado brasileiro para manutenção dos equipamentos, não havendo interesse da sua utilização como *drop-in* do HCFC-22.

No caso do setor de manufatura, o mercado optou pelo HFC-410A para sistemas de ar condicionado do tipo *splits*, janela e *chillers* em vez do HFC-407C. Para equipamentos *chillers*, o mercado optou pelo HFC-134a em vez do HFC-407C (segundo entrevista com

a Springer Midea, Electrolux e Johnson Controls). A figura 7 mostra o consumo do HFC-407C entre os anos de 2016 a 2018.

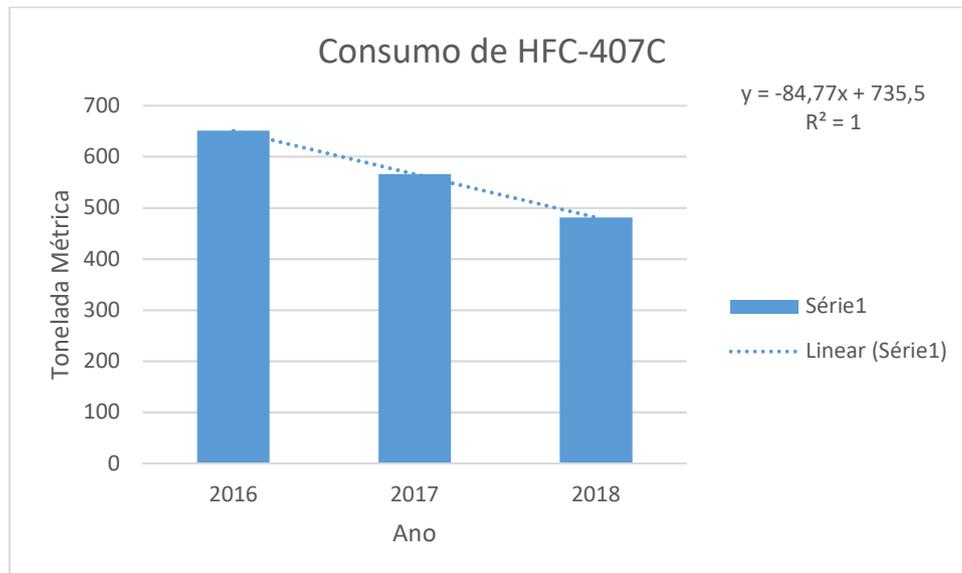
Figura 7 – Consumo do HFC-407A, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do HFC-407C, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 8.

Figura 8 – Consumo do HFC-404A, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

O decréscimo do consumo do HFC-407C é devido ao desinteresse do mercado em realizar o *drop-in* em sistemas de ar condicionado com HCFC-22, visto ainda haver disponibilidade de HCFC-22 para a manutenção dos aparelhos de ar condicionado. Além disso, também houve no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado a migração, em sua maioria, do HCFC-22 para o HFC-410A.

8.5 Padrão de crescimento do consumo do HFC-410A

Este fluido refrigerante foi desenvolvido para substituir o HCFC-22 em equipamentos novos com aplicações de média e alta temperatura, projetados exclusivamente para trabalhar com o R-410A.

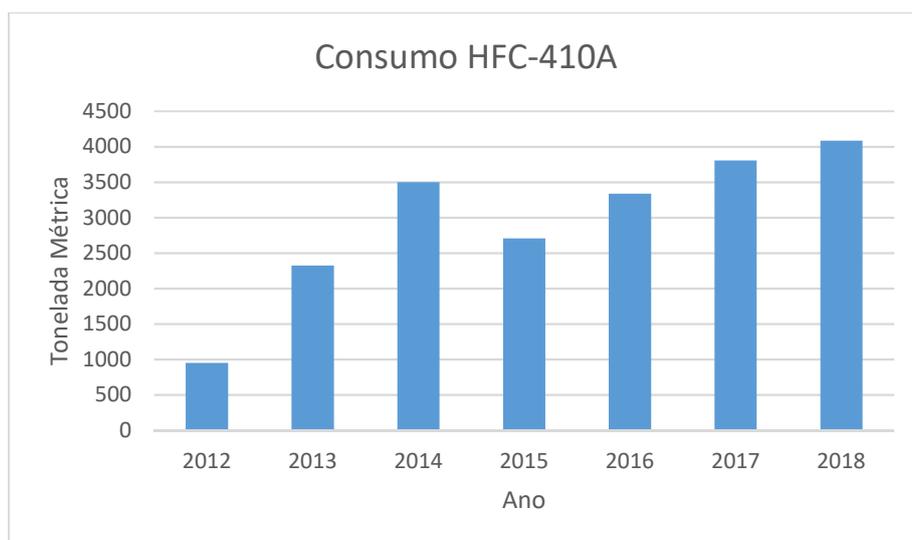
As aplicações são para equipamentos de ar condicionado doméstico do tipo janela e *split*, bombas de calor, *chillers*. Não se trata de uma opção de *retrofit* para o HCFC-22, por conta das pressões de trabalho mais elevadas para o HFC-410A.

O consumo do HFC-410A é destinado ao setor de serviços e de manufatura, visto que esse fluido é a principal alternativa adotada no Brasil para a substituição do HCFC-22 pela indústria do setor de ar condicionado residencial e comercial de baixa e média capacidade.

O consumo do HFC-410A é crescente e estável, acompanhando o crescimento econômico nacional.

A figura 9 mostra o consumo do HFC-410A entre os anos de 2012 a 2018.

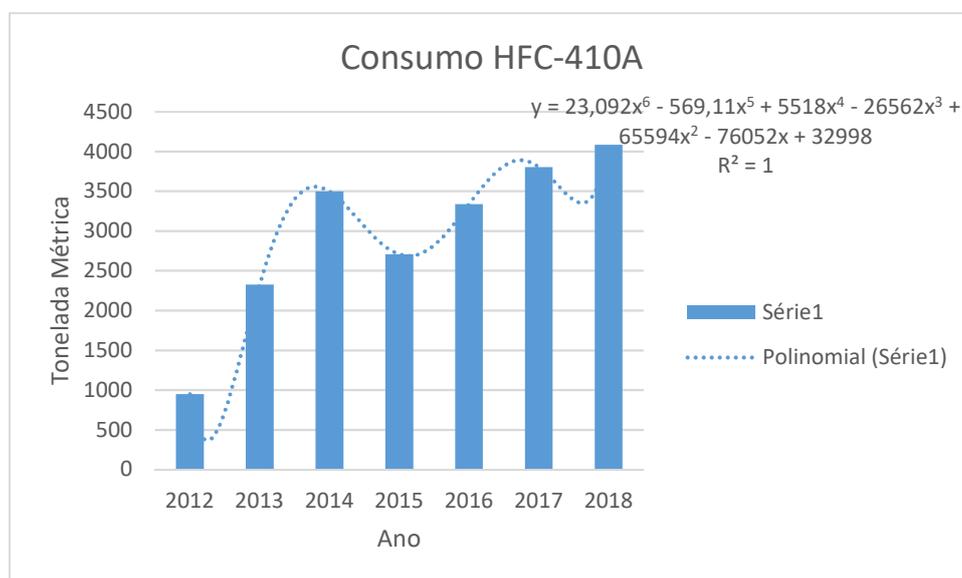
Figura 9 – Consumo do HFC-410A, entre os anos de 2012 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2012 a 2018 do HFC-410A, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 10.

Figura 10 – Consumo do HFC-410A, entre os anos de 2012 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços, pois o HFC-410A é atualmente o fluido mais utilizado pela indústria de fabricação de aparelhos de ar condicionado residências de janela, split e também aparelhos comerciais como *multi-split* e *chillers*.

8.6 Padrão de crescimento do consumo do R-402A (HP80)

Este fluido refrigerante é indicado para substituir o R-502 (opção de *retrofit*) em equipamentos novos ou existentes de baixa e média temperatura de evaporação (acima de -26°C).

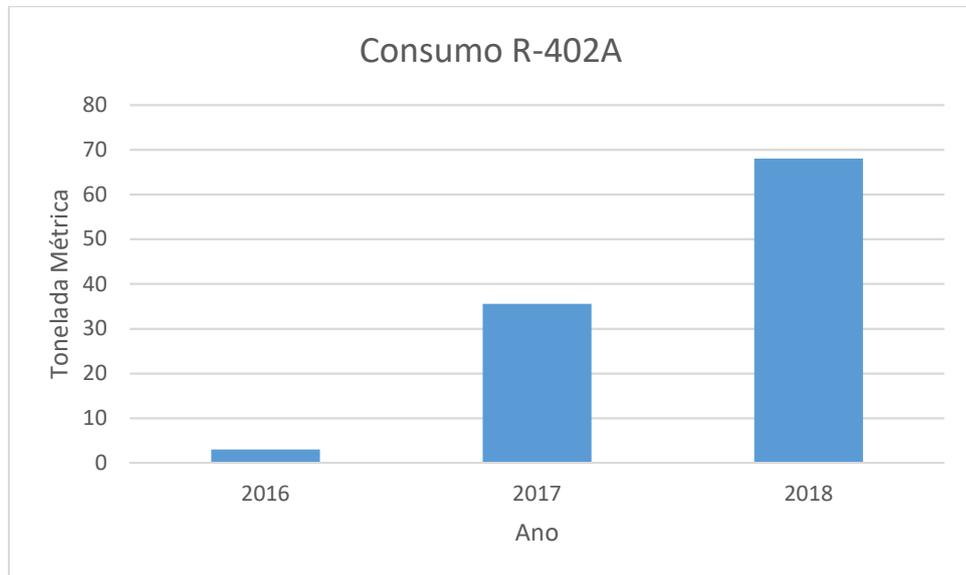
É usado em equipamentos de refrigeração comercial e industrial, tais como câmaras frigoríficas e *racks* de baixa e média temperatura, tanto para alimentos como para processos e túneis de congelamento.

O consumo do R-402A é destinado ao setor de serviços para a manutenção, instalação e *retrofit* dos sistemas acima citados.

O consumo do R-402A é crescente e estável, acompanhando o crescimento econômico nacional, mas ainda tímido devido à utilização de outros fluidos, tais como o HCFC-22 e

o HFC-404A, alternativas mais difundidas e utilizadas. A figura 11 mostra o consumo do R-402A entre os anos de 2016 a 2018.

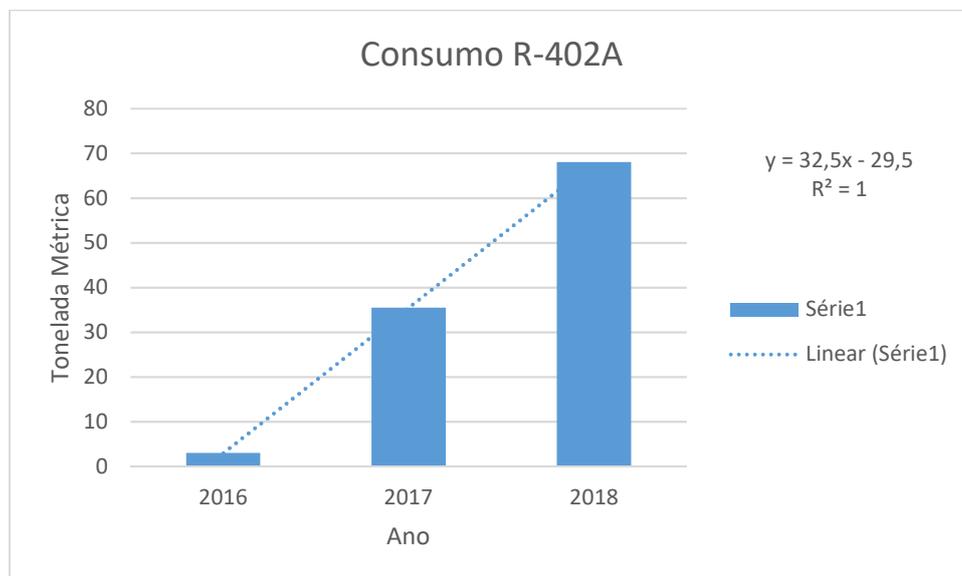
Figura 11 – Consumo do R-402A, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do R-402A, tem-se o gráfico e o polinômio apresentados na figura 12.

Figura 12 – Consumo do R-402A, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de primeira ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e crescimento no setor de serviços.

O consumo deste fluido é baixo quando comparado com outras alternativas como HFC-404A, devido ao fato do R-402A ser usado principalmente como *drop-in*.

8.7 Padrão de crescimento do consumo do R-402B (HP81)

Este fluido refrigerante é indicado para substituir o R-502, em equipamentos novos ou existentes de baixa temperatura de evaporação. É uma opção para o *retrofit* do R-502.

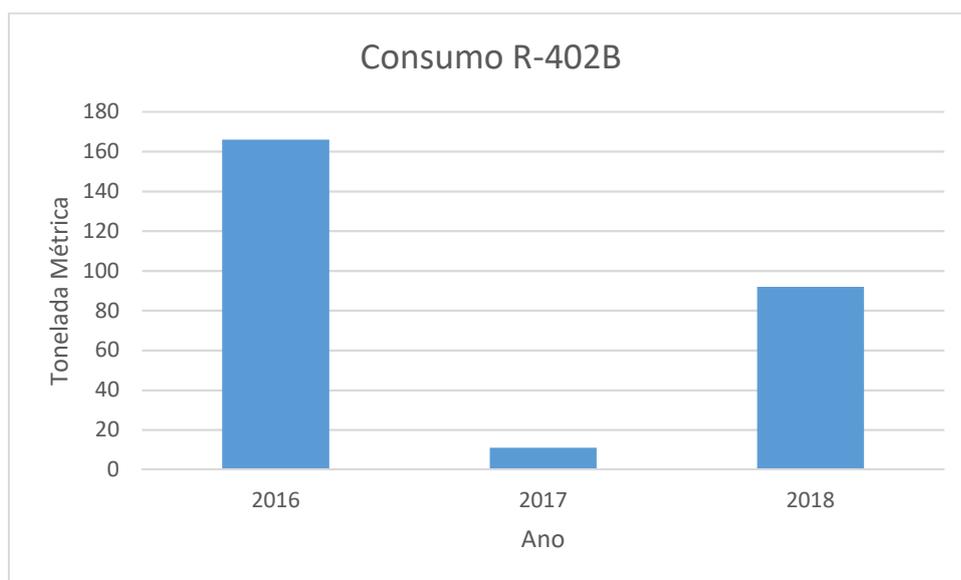
Usado em equipamentos de refrigeração comercial e industrial, tais como máquinas de gelo e câmaras frigoríficas de baixa temperatura.

O consumo do R-402B é destinado ao setor de serviços para manutenção, instalação e *retrofit* dos sistemas acima citados.

O consumo do R-402B é decrescente, devido à existência de outras opções mais comuns no mercado, tais como o CO₂ e o HFC-404A.

A figura 13 mostra o consumo do R-402B entre os anos de 2016 a 2018.

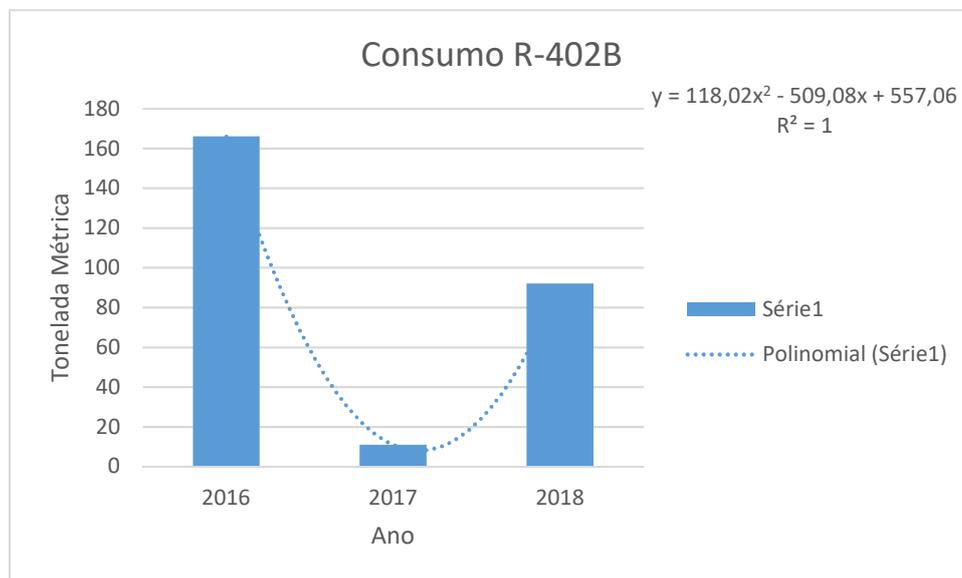
Figura 13 – Consumo do R-402B, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do R-402B, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 14.

Figura 14 – Consumo do R-402B, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de segunda ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e crescimento no setor de serviços.

A análise do setor de serviços demonstra que o R-402B terá um uso cada vez menor, devido às alternativas existentes apresentarem custo benefício melhor, com menor custo de retrabalho, visto que os procedimentos de *retrofit* exigem intervenções no sistema de refrigeração, podendo acarretar na troca de óleo e filtro, limpeza do sistema, além de ajustes nas válvulas de expansão.

8.8 Padrão de crescimento do consumo do R-1234yf

Este fluido refrigerante foi desenvolvido para substituir o HFC-134a em sistemas de ar condicionado automotivo novos.

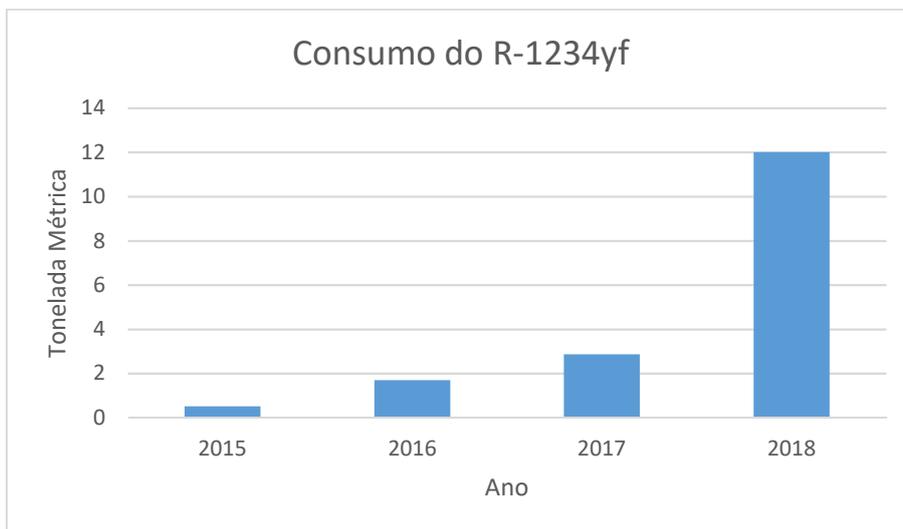
O consumo do R-1234yf no setor de serviços é destinado à manutenção dos sistemas de ar condicionado automotivo, principalmente de carros importados.

No que diz respeito ao setor de manufatura, algumas linhas de produção, de forma pontual, montam automóveis com a utilização do fluido R-1234yf em sistemas de ar condicionado automotivo para exportação. Atualmente não há linha de montagem com R-1234yf para o mercado nacional.

O consumo do R-1234yf é crescente, devido principalmente à frota de alguns modelos de veículos importados começarem a apresentar necessidade de manutenção.

A figura 15 mostra o consumo do R-1234yf entre os anos de 2015 a 2018.

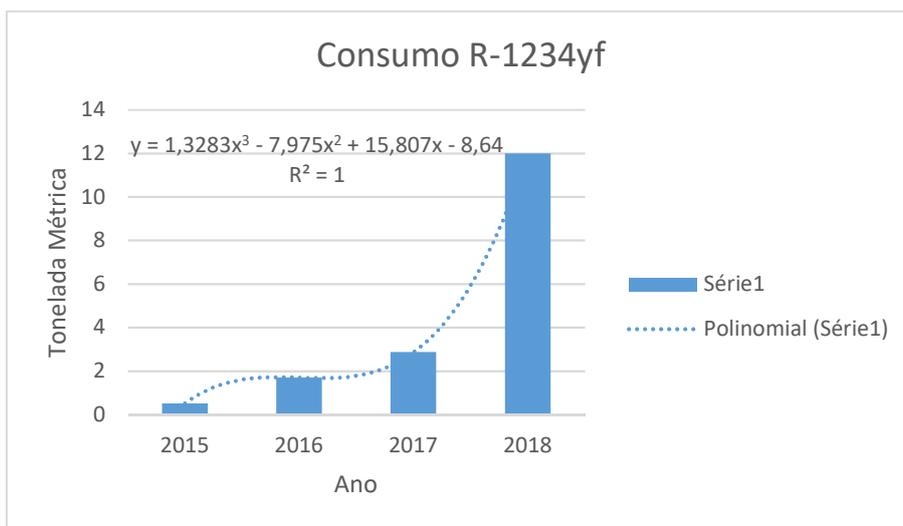
Figura 15 – Consumo do R-1234yf, entre os anos de 2015 a 2018.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Como padrão de crescimento de 2015 a 2018 do R-1234yf, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 16.

Figura 16 – Consumo do R-1234yf, entre os anos de 2015 a 2018 e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de terceira ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como a produção de automóveis com este fluido refrigerante e a necessidade de manutenção nos veículos importados que contenham o R-1234yf no sistema de ar condicionado.

8.9 Padrão de crescimento do consumo do HC

É um fluido refrigerante natural, onde os dois principais tipos usados são o HC-600a, para refrigeradores e freezers domésticos, e o HC-290, para equipamentos da linha de refrigeração comercial. Apesar dos HCs serem fluidos bastante antigos no mercado, somente nos últimos 10 anos iniciaram uma participação mais ativa por conta da produção de refrigeradores e *freezers* domésticos com HC-600a. Já nos últimos 3 anos, a participação do HC-600a aumentou consideravelmente devido à tendência de aumento de consumo pela refrigeração doméstica, e foi acompanhada pela utilização do HC-290 de maneira mais recente na fabricação de *freezers*, expositores e ilhas comerciais de pequeno porte.

No caso de sistemas para refrigeração, os HCs podem ser utilizados em câmaras frigoríficas e racks de média e baixa temperatura, *freezers* comerciais e também em sistemas residenciais, tais como em geladeiras (refrigeradores) e *freezers* (congeladores).

No caso dos sistemas de ar condicionado, o HC-290 pode ser utilizado em aparelhos de ar condicionado do tipo janela, *split* e *chillers*; não havendo atualmente produção nacional desses aparelhos, mas com tendência de produção no longo prazo pelos fabricantes de ar condicionado.

O consumo dos HCs no setor de serviços é devido à manutenção de refrigeradores e *freezers* da linha doméstica e de expositores, ilhas e freezers da linha comercial de pequeno porte.

Já no setor de manufatura de refrigeradores e *freezers* domésticos e de ilhas e *freezers* comerciais, vem ocorrendo uma transição crescente do uso do HFC-134a para os HCs, o que já representa atualmente 50% da produção no caso da linha doméstica (Segundo Eletros, Embraco, Electrolux, Whirlpool e Fricon).

Destaca-se que a Eletrofrío iniciou em 2019 a produção de *Chillers* com HC-290 (Propano), com condensação a água, para sistemas primários de supermercados, com uma concepção de sistemas em cascata em que o sistema para produtos resfriados é feito pelo glicol, que por sua vez condensa o CO₂ para o sistema de produtos congelados. A condensação da água foi utilizada para a redução da carga de propano, uma vez que o fluido circula apenas entre o trocador de calor e o compressor. Um sistema piloto foi instalado com sucesso em um supermercado da Rede Condor em Curitiba/PR, com expectativa de aumento da demanda para os próximos anos, visto que a solução desenvolvida apresenta eficiência energética semelhante ao HFC-404A e reduzidas necessidades de intervenções ou paradas (menor custo de manutenção).

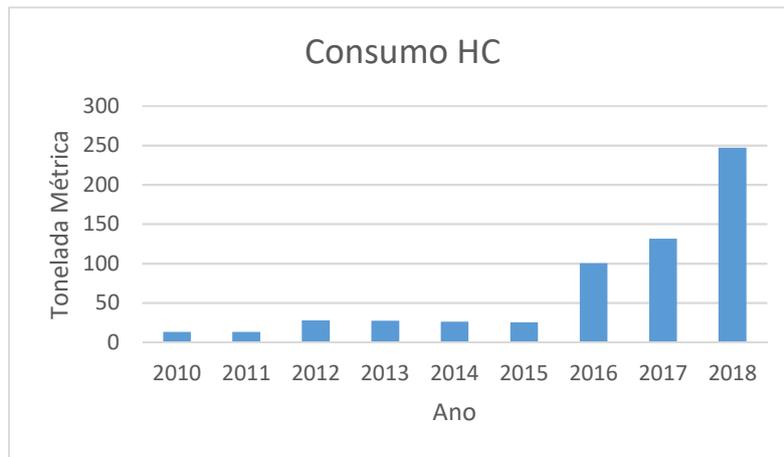
A Plotter-Racks vem seguindo caminho semelhante ao da Eletrofrío na utilização do HC-290 para sistemas de refrigeração comercial, com condensação a ar, mas com foco em

sistemas de menor porte, privilegiando a eficiência energética. Entretanto, a empresa aponta que os custos envolvidos na utilização do propano são relativamente mais altos que o HFC-404A, mas vem buscando o desenvolvimento de soluções para o equacionamento deste problema. Ambas empresas vêm recebendo apoio do PBH, sob a coordenação do MMA e execução da UNIDO.

Já para outras aplicações como ar condicionado e câmaras frigoríficas, as instalações são bem pontuais, não havendo representatividade atualmente.

A figura 17 mostra o consumo do HC entre os anos de 2010 a 2018.

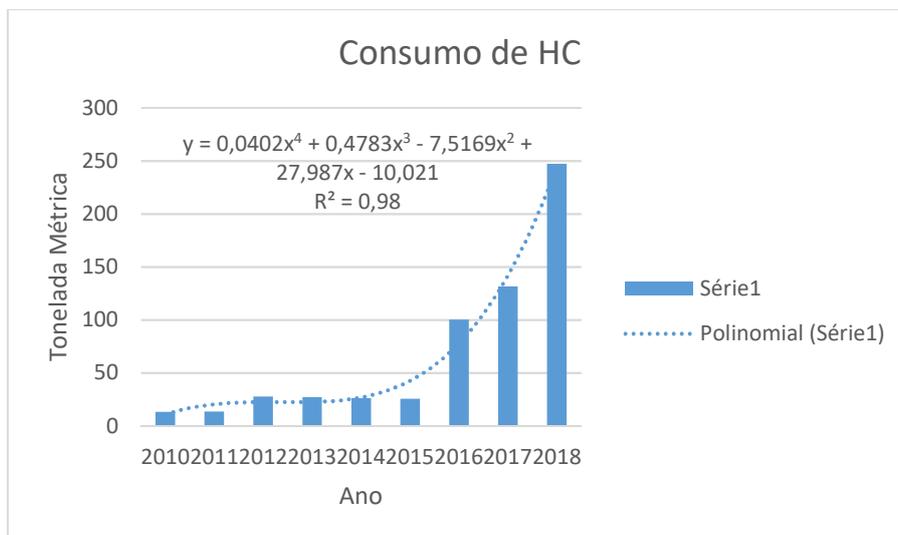
Figura 17 – Consumo do HC, entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: Embraco, Tecumseh e Eletros (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do HC, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 18.

Figura 18 – Consumo do HC, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Embraco, Tecumseh e Eletros (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 0,98, com 98% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de quarta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços, e a transição de fluido refrigerante que está ocorrendo na refrigeração doméstica para a utilização do HC-600a em refrigeradores e *freezers*, bem como na refrigeração comercial de médio porte para a utilização do R-290 em ilhas, *freezers* e expositores comerciais.

8.10 Padrão de crescimento do consumo do HFC-32

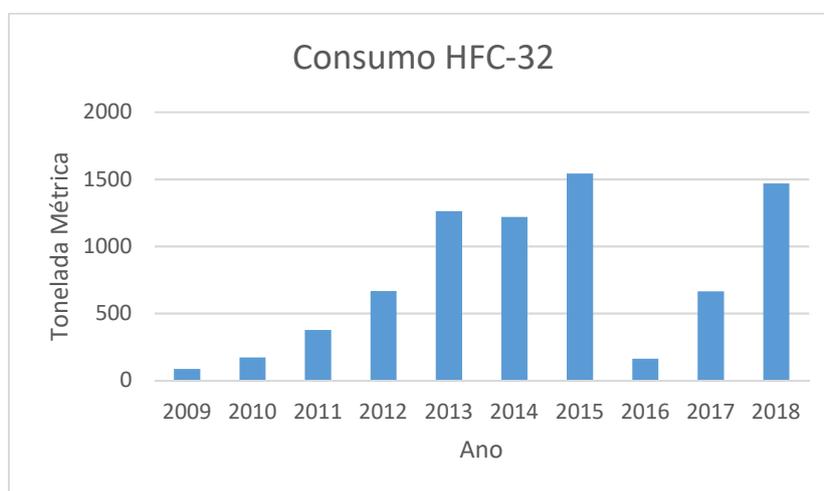
Este fluido refrigerante chegou para substituir o HCFC-22 em sistemas de ar condicionado residencial e comercial em aparelhos novos.

A importação do HFC-32 é realizada em sua maioria para a composição de mistura juntamente com HFC-125 para formar o HFC-410A. Uma parcela mínima é utilizada para a fabricação e instalação de *multi-splits*.

Há uma tendência na ampliação do setor fabril para fabricação de equipamentos com o HFC-32, tanto na linha residencial como comercial. (Segundo Komeco e Daikin).

A figura 19 mostra o consumo do HFC-32 entre os anos de 2009 a 2018.

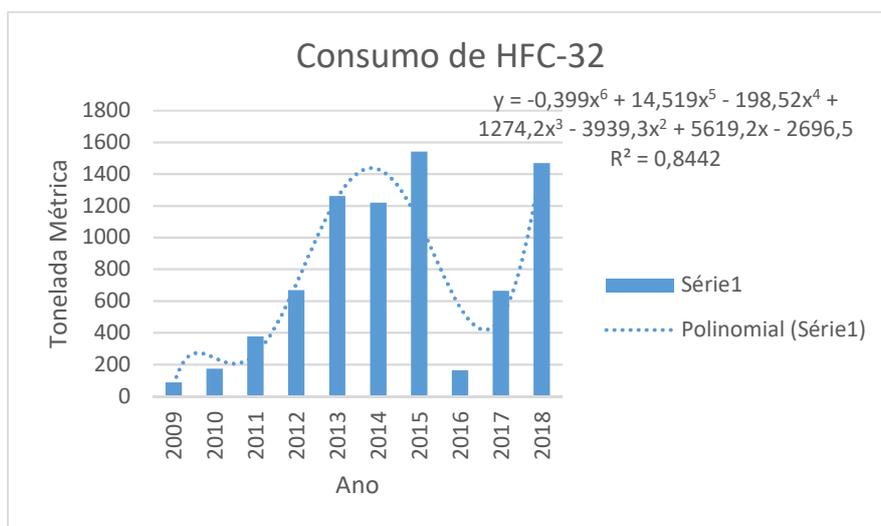
Figura 19 – Consumo do HFC-32, entre os anos de 2009 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2009 a 2018 do HFC-32, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 20.

Figura 20 – Consumo do HFC-32, entre os anos de 2009 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 0,84, com 84% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços, e também o uso do HFC-410A, pois atualmente o HFC-32 é utilizado principalmente como mistura junto com o HFC-125 para formar o HFC-410A. Existe divulgação e preparação do mercado para a utilização dessa substância, principalmente pela Daikin e Honeywell.

8.11 Padrão de crescimento do consumo do CO₂

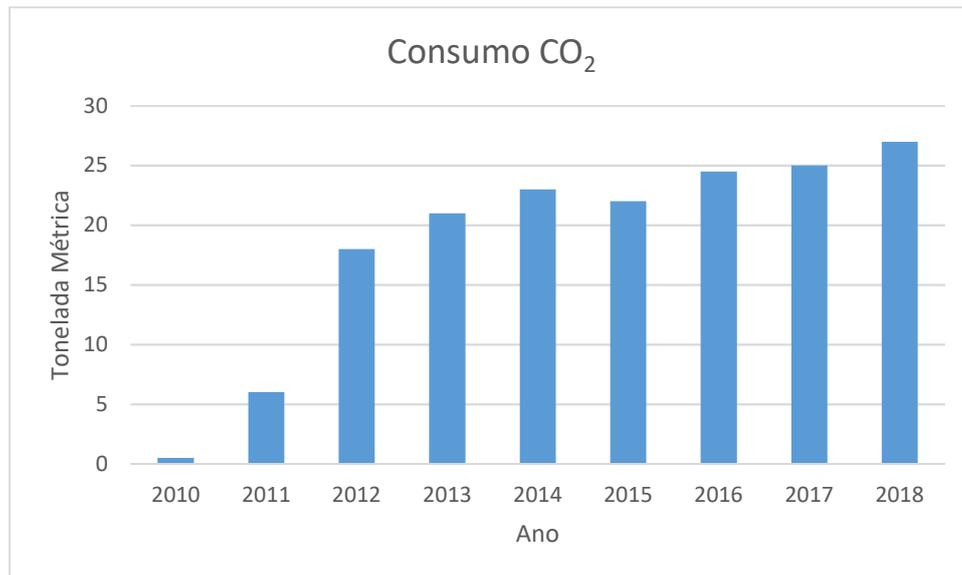
Este fluido refrigerante natural, apesar de ser bastante antigo, nos últimos 10 anos iniciou sua participação efetiva no mercado. Ano após ano, a quantidade de instalações no Brasil vem aumentando, chegando a 386 instalações de CO₂, porém ainda se mostra irrisória quando comparada à quantidade total de instalações de supermercados e centros de distribuição que utilizam HCFC-22, HFC-404A e HFC-134a.

Há uma tendência de mercado do uso crescente deste fluido em novas instalações de supermercados e centros de distribuição de alimentos, devido aos ajustes de projetos, desenvolvimento tecnológico e melhorias de componentes, como ejetores de fluidos para o sistema, que melhoram a eficiência dos sistemas de CO₂ “transcríticos”. Sistemas esses que necessitam de menos componentes quando comparados aos sistemas subcríticos e que não demandam fluidos refrigerantes intermediários para o resfriamento do condensador cascata, como ocorre para os sistemas de CO₂ subcrítico.

O consumo do CO₂ no setor de refrigeração e ar condicionado ocorre devido às novas instalações e à manutenção das existentes, resultando em um consumo crescente. A inauguração de instalações novas tendem a acompanhar o desempenho econômico do Brasil.

A figura 21 mostra o consumo do CO₂ entre os anos de 2010 a 2018.

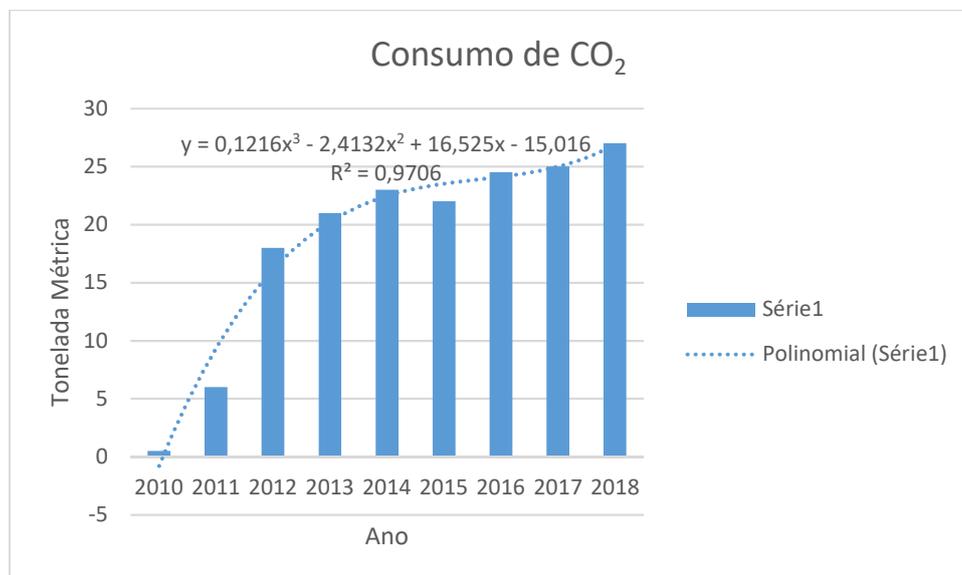
Figura 21 – Consumo do CO₂, entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: Bitzer e Danfoss (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do CO₂, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 22.

Figura 22 – Consumo do CO₂, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Bitzer e Danfoss (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 0,9706, com 97% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de terceira ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços. A evolução da quantidade de instalações de CO₂ depende de grandes investimentos e qualificação técnica da mão de obra.

O modelo acima mostra coerência com a consulta realizada entre as empresas do setor de serviços e setor de manufatura.

8.12 Padrão de crescimento do consumo de NH₃

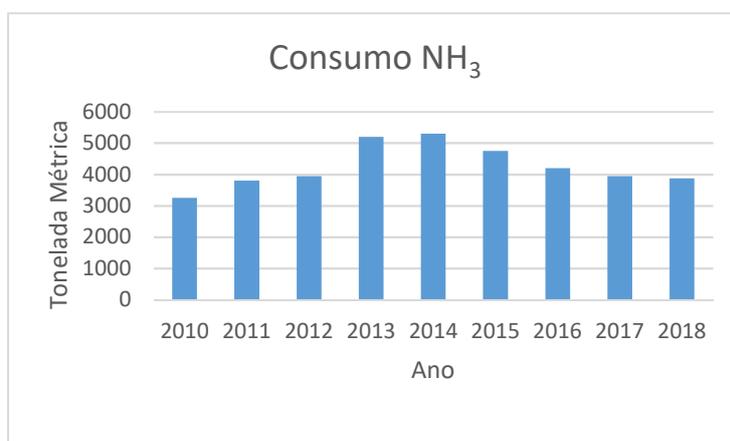
Este fluido refrigerante natural e antigo no mercado da refrigeração industrial já é um fluido consolidado, tanto fora quanto dentro do Brasil. Devido à sua eficiência, custo baixo quando comparado com as alternativas às SDOs, e padrões de segurança e operação já dominados pela indústria.

O consumo da amônia é destinado a novas instalações e manutenção das instalações já existentes. É um consumo estável, visto que nos últimos anos, poucas instalações novas foram criadas, por conta dos altos investimentos e incertezas econômicas no Brasil. O surgimento de novas instalações acompanha o desempenho da economia nacional, tendo como indicação o comportamento do PIB brasileiro (dados de PIB segundo IPEA, 2019).

Com relação as normas municipais ou estaduais de segurança para instalações com amônia, que estabelecem controles e restrições de uso, elas representam um impacto restritivo para novas instalações. Porém, alguns fabricantes tem optado pela utilização de equipamentos com carga de amônia reduzida a partir da utilização de trocadores de calor eficientes em sistemas cascata com glicol, CO₂, HC ou HFCs.

A figura 23 mostra o consumo de NH₃ entre os anos de 2010 a 2018.

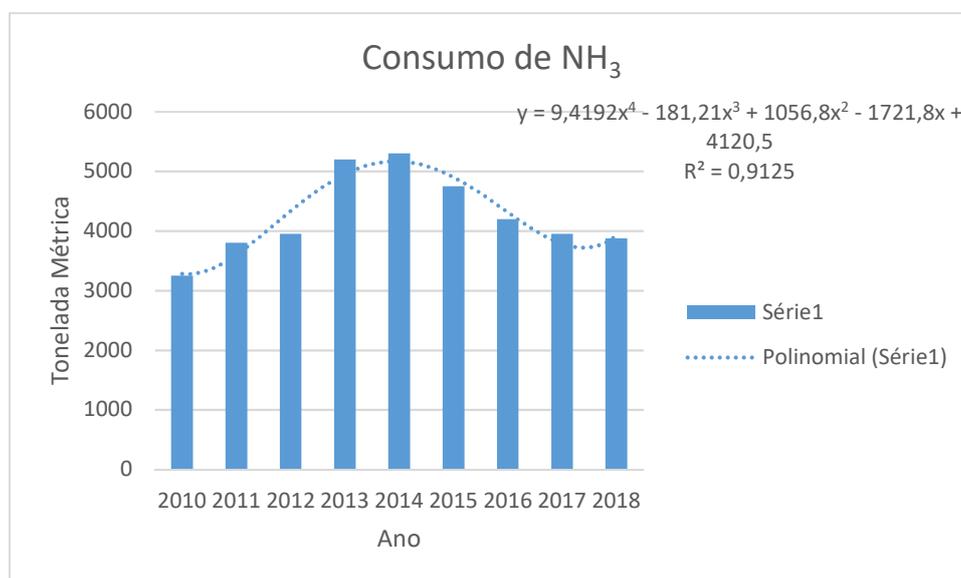
Figura 23 – Consumo do NH₃, entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: Pesquisa no setor de serviços e setor de manufatura (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do NH₃, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 24.

Figura 24 – Consumo do NH₃, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Pesquisa no setor de serviços e setor de manufatura (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R² igual a 0,91251, com 91% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de quarta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB que inclui, o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e crescimento no setor de serviços, visto que novas instalações de amônia exigem altos investimentos.

O modelo acima mostra coerência com a consulta realizada entre as empresas do setor de serviços e setor de manufatura.

9. Metodologia e previsão do crescimento de alternativas às SDOs utilizadas em cada setor com previsão até 2030

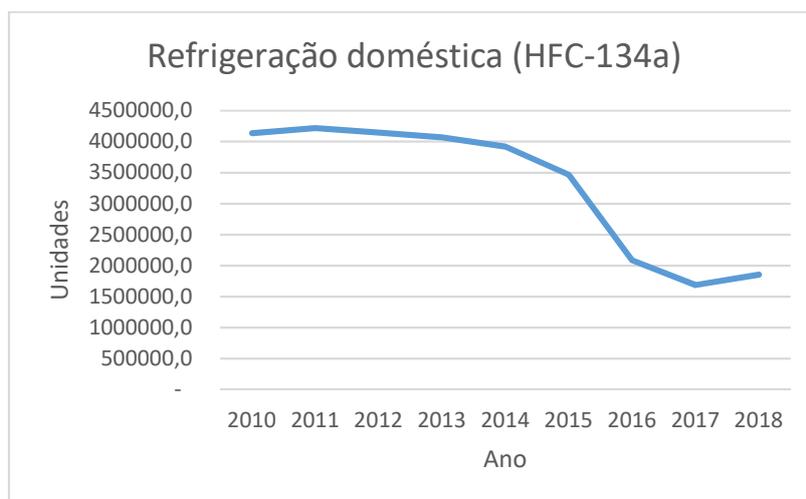
9.1 Refrigeração

9.1.1 Refrigeração Doméstica

Para a manufatura de refrigeradores e *freezers* os principais fluidos utilizados são o HFC-134a e o HC-600a.

A figura 25 mostra a produção de refrigeradores e *freezers* domésticos, usando HFC-134a, nos anos de 2010 a 2018.

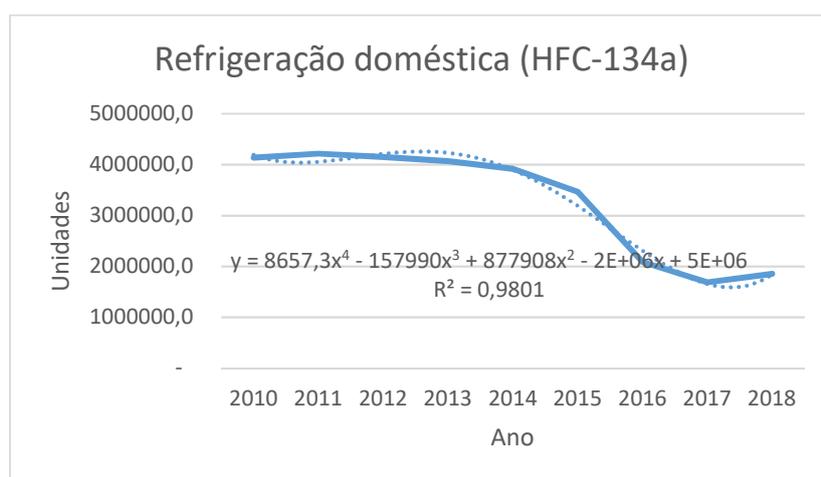
Figura 25 – Produção de refrigeradores e *freezers* domésticos usando HFC-134a.



Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

Em 2015, iniciou-se uma queda de 11% na produção de aparelhos de refrigeração doméstica (refrigeradores e *freezers*) com HFC-134a. Já em 2016, essa queda acentuou-se para 43%, e em 2017 foi de 19%. Em 2018, houve um leve aumento na produção de unidades domésticas com HFC-134a, sendo essa substância responsável por aproximadamente 50% das unidades produzidas no Brasil. Essa queda sinaliza a estratégia dos fabricantes em substituir o HFC-134a pelo HC-600a a longo prazo⁵ em sistema de pequeno porte, como refrigeradores e *freezers* domésticos. O polinômio da figura 26 representa a tendência de mercado.

Figura 26 – Produção de refrigeradores e freezers domésticos, usando HFC-134a, e polinômio para curva de tendência.

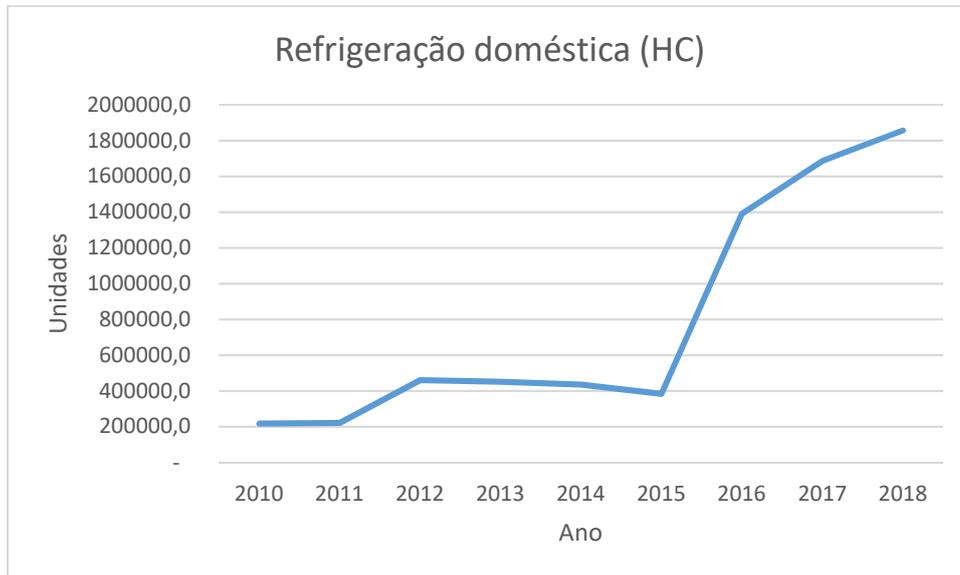


Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

⁵ Segundo informações coletadas em campo, a transição do HFC-134a para o HC-600a poderá ocorrer em um período de 7 a 12 anos.

No caso da produção de refrigeradores e *freezers* domésticos, o gráfico da figura 27 mostra a quantidade de unidades fabricadas utilizando o fluido refrigerante HC-600a.

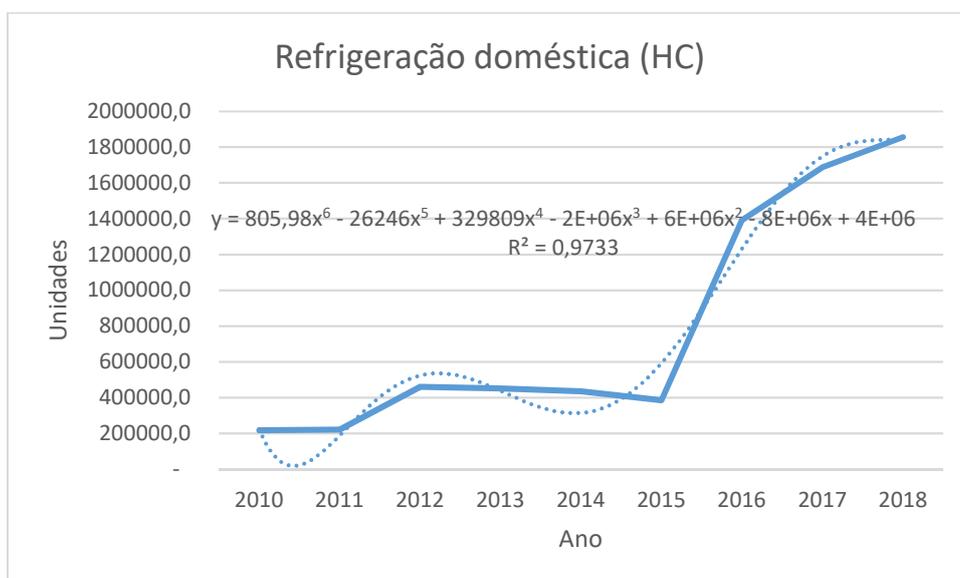
Figura 27 – Produção de refrigeradores e *freezers* domésticos usando HC.



Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

No ano de 2015, iniciou-se um crescimento acentuado de 72% na produção de aparelhos com HC. Já em 2016, ocorreu um acréscimo de 17%, e em 2017 de 9%. Ou seja, se o aumento do consumo se mantiver, haverá a transição completa no longo prazo da fabricação de refrigeradores e *freezers* domésticos para o HC-600a em detrimento do HFC-134a. O polinômio da figura 28 representa a tendência de mercado.

Figura 28 – Produção de refrigeradores e *freezers* domésticos usando HC e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

A metodologia utilizada para a previsão de consumo de HFC-134a e HC-600a

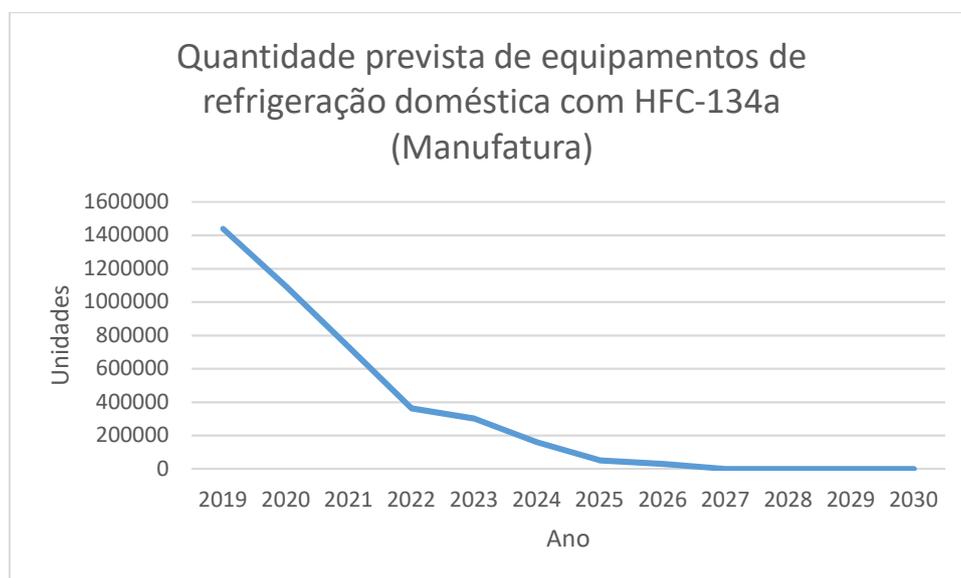
Para o setor de manufatura, foram usados os dois polinômios das figuras 26 e 28 para prever a demanda de consumo do HFC-134a e HC-600a, juntamente com os dados de previsão de aumento do consumo nacional, onde - segundo os fabricantes - há uma tendência de substituição total do HFC-134a pelo HC-600a em aproximadamente 10 anos.

Já no setor de serviços da refrigeração doméstica para as atividades de manutenção, o uso maior ainda é do HFC-134a, devido ao maior número de aparelhos vendidos, compostos por muitos equipamentos antigos e pelo fato dos aparelhos com R-600a serem mais recentes, com menores índices de reparos. Segundo representantes de empresas do setor de assistência técnica de refrigeração doméstica, cerca de 8% desses sistemas apresentam problemas nos 5 primeiros anos, na faixa de 30% apresentam problemas entre 5 e 10 anos e cerca de 55% apresentam problemas entre 10 e 15 anos. Os dados foram coletados segundo pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas do setor de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

Previsão de consumo do HFC-134a até 2030 para a refrigeração doméstica

A figura 29 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.

Figura 29 – Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 9 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.

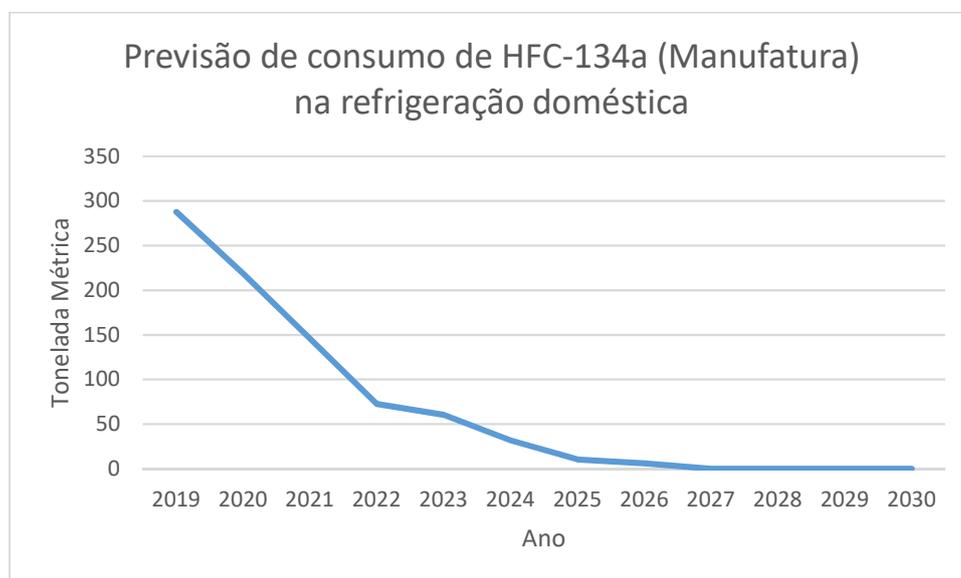
Tabela 9 - Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.

Ano	Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica (Unidades)
2019	1.438.416
2020	1.093.587
2021	729.595
2022	363.311
2023	302.375
2024	159.900
2025	51.250
2026	30.750
2027	0
2028	0
2029	0
2030	0

Fonte: Autor (2019).

A figura 30 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Figura 30 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 10 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

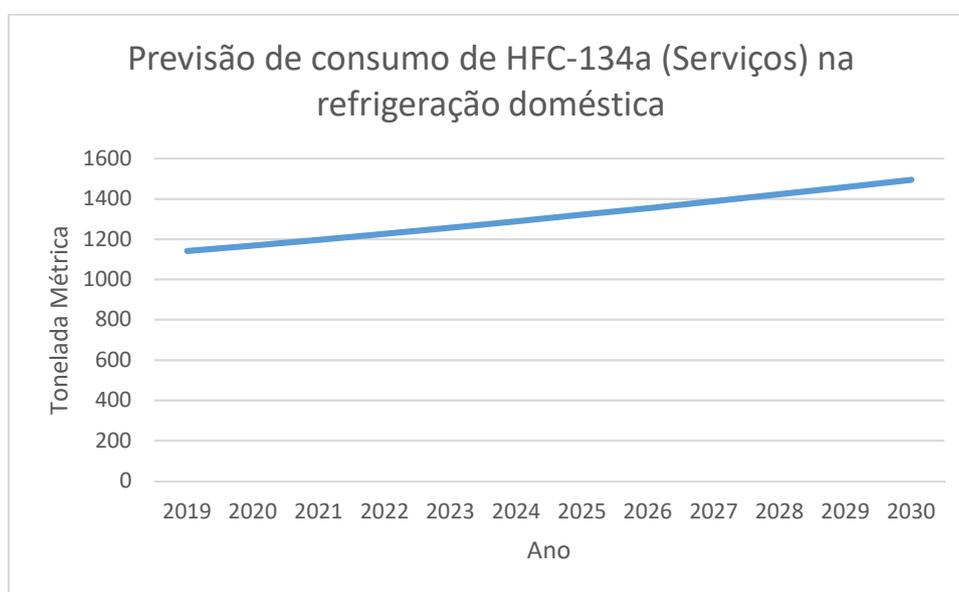
Tabela 10 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	287,68
2020	218,71
2021	145,91
2022	72,66
2023	60,47
2024	31,98
2025	10,25
2026	6,15
2027	0
2028	0
2029	0
2030	0

Fonte: Autor (2019).

A figura 31 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Figura 31 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 11 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Tabela 11 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

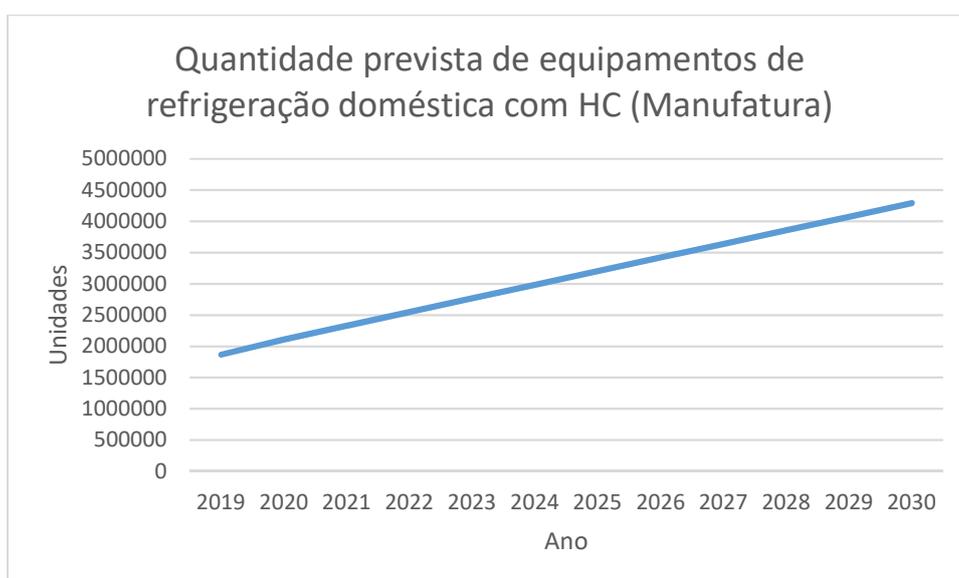
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.141,60
2020	1.167,86
2021	1.197,05
2022	1.226,98
2023	1.257,65
2024	1.289,10
2025	1.321,32
2026	1.354,36
2027	1.388,21
2028	1.422,92
2029	1.458,49
2030	1.494,96

Fonte: Autor (2019).

Previsão de consumo do HC-600a até 2030 para a refrigeração doméstica

A figura 32 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC-600a no setor de manufatura.

Figura 32 – Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC no setor de manufatura.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 12 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC no setor de manufatura.

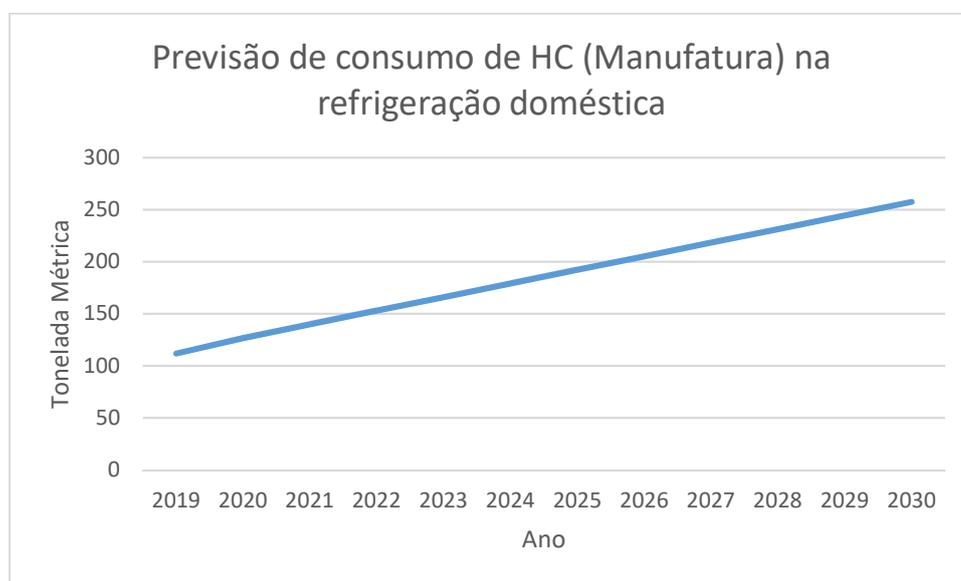
Tabela 12 – Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC no setor de manufatura.

Ano	Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica (Unidades)
2019	1.866.816
2020	2.111.472
2021	2.332.900
2022	2.551.225
2023	2.768.525
2024	2.986.850
2025	3.204.150
2026	3.421.450
2027	3.639.775
2028	3.857.075
2029	4.074.375
2030	4.292.700

Fonte: Autor (2019).

A figura 33 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Figura 33 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 13 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

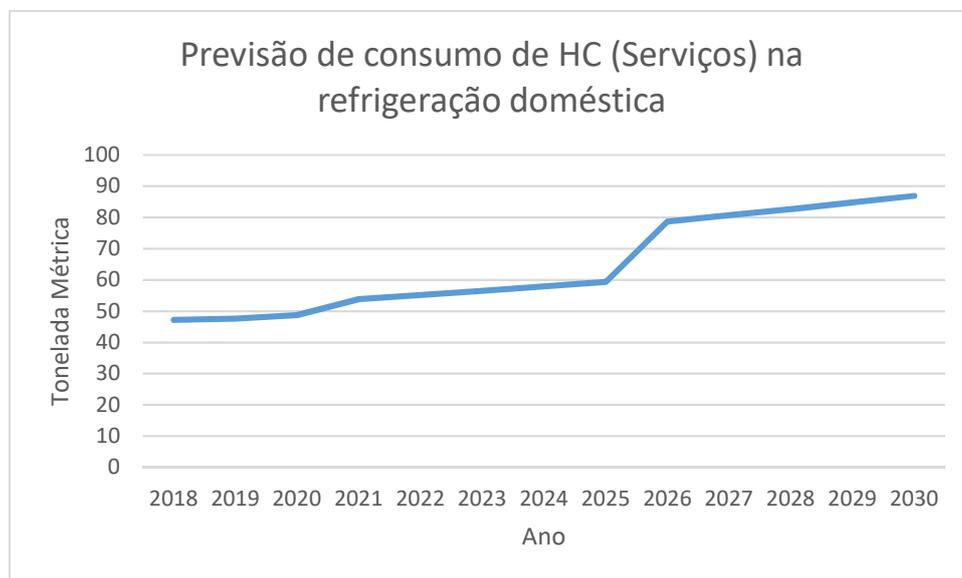
Tabela 13 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	112,01
2020	126,69
2021	139,97
2022	153,07
2023	166,11
2024	179,21
2025	192,25
2026	205,29
2027	218,39
2028	231,42
2029	244,46
2030	257,56

Fonte: Autor (2019).

A figura 34 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Figura 34 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 14 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Tabela 14 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2018	47,24
2019	47,62
2020	48,71
2021	53,83
2022	55,17
2023	56,55
2024	57,97
2025	59,42
2026	78,73
2027	80,69
2028	82,71
2029	84,78
2030	86,90

Fonte: Autor (2019).

9.1.2 Refrigeração comercial

A refrigeração comercial é contemplada por equipamentos *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte frigorífico. É o setor responsável em atender frigoríficos, supermercados, padarias, entre outros. E os fluidos refrigerantes utilizados nessas instalações são:

HFC-134a: aplicação em sistemas de média temperatura, nos equipamentos do tipo *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte frigorífico.

HFC-404A: aplicação em sistemas de baixa temperatura, nos equipamentos do tipo *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte frigorífico.

HC-290: aplicação em sistemas de baixa e média temperatura, nos equipamentos do tipo *stand-alone*, devido às limitações de carga de fluido.

CO₂: aplicação em sistemas de baixa temperatura, nos equipamentos do tipo sistemas centralizados.

R-454B: aplicação em sistemas de baixa temperatura, nos equipamentos do tipo sistemas centralizados.

A metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes na refrigeração comercial

Para previsão de crescimento do consumo de fluidos no setor da refrigeração comercial, o fator utilizado foi a projeção de crescimento do PIB, pois este irá impactar diretamente na decisão de ampliação e instalação de novos sistemas. Como o principal foco do setor é a conservação de alimentos, a projeção do consumo das famílias é um fator determinante

(fator relacionado ao PIB). Também é preciso levar em consideração o envelhecimento do parque de equipamentos, que afeta a demanda de fluido no setor de serviços.

Com relação ao HC-290 utilizado na refrigeração comercial para sistemas com até 150 gramas de carga de fluido refrigerante, estes sistemas estão tendo boa aceitação no mercado brasileiro. A tendência é uma maior produção desses equipamentos nos próximos anos, com aumento previsto de cerca de 6% ao ano. Para equipamentos com cargas de até 500 gramas, a previsão é de se iniciar a produção no prazo de um ano, com a projeção da substituição da produção de sistemas atuais, utilizando outros fluidos pelo HC-290 em torno de 10% ao ano. No entanto, dependendo da aceitação do mercado, este percentual poderá ser alterado. Empresas como a Eletrofrio, Metalfrio, Fricon, São Rafael, Arneg, entre outras, já estão produzindo equipamentos com HC-290 com carga de fluido máxima de 150 gramas, e atualmente estão discutindo a fabricação de sistemas com carga máxima de 500 gramas, sendo esta uma tendência para os próximos anos.

Para o consumo do fluido refrigerante HC-290, três cenários foram citados pelos fabricantes como possibilidade futura de mercado, sendo:

- Cenário 1: 6% de crescimento de 2019 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas;
- Cenário 2: 6% de crescimento de 2019 a 2021 e aumento de crescimento de 20% de 2022 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas;
- Cenário 3: 6% de crescimento de 2019 a 2021 e incremento de sistemas com carga de até 500 gramas a partir de 2022.

Já para o consumo do fluido refrigerante HFC-404A, dois cenários foram citados pelos fabricantes como possibilidade futura de mercado, sendo:

- Cenário 1: redução do uso a partir de 2025, em 5% ao ano, por conta do alto GWP;
- Cenário 2: redução do uso a partir de 2025, em 15% ao ano, por conta do alto GWP e a utilização de sistemas alternativos, a exemplo do HC.

Os dados informados acima foram obtidos segundo pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

HFC-134a

Cenário 1: considerando somente a previsão de crescimento do PIB, estimada pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) em setembro de 2019, sendo de 0,8% em 2019; de 2,3% em 2020; e de 2,5% para os anos seguintes.

A figura 35 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 35 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura na refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 15 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

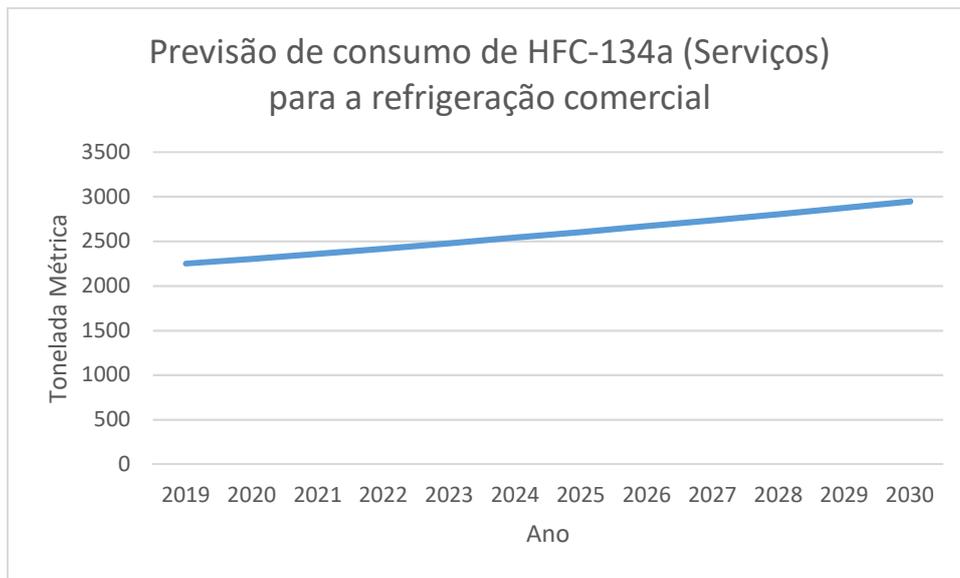
Tabela 15 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura na refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	488,88
2020	500,12
2021	512,63
2022	525,44
2023	538,58
2024	552,04
2025	565,84
2026	579,99
2027	594,49
2028	609,35
2029	624,59
2030	640,20

Fonte: Autor (2019).

A figura 36 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de serviços de refrigeração comercial.

Figura 36 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 16 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de serviços de refrigeração comercial.

Tabela 16 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para refrigeração comercial.

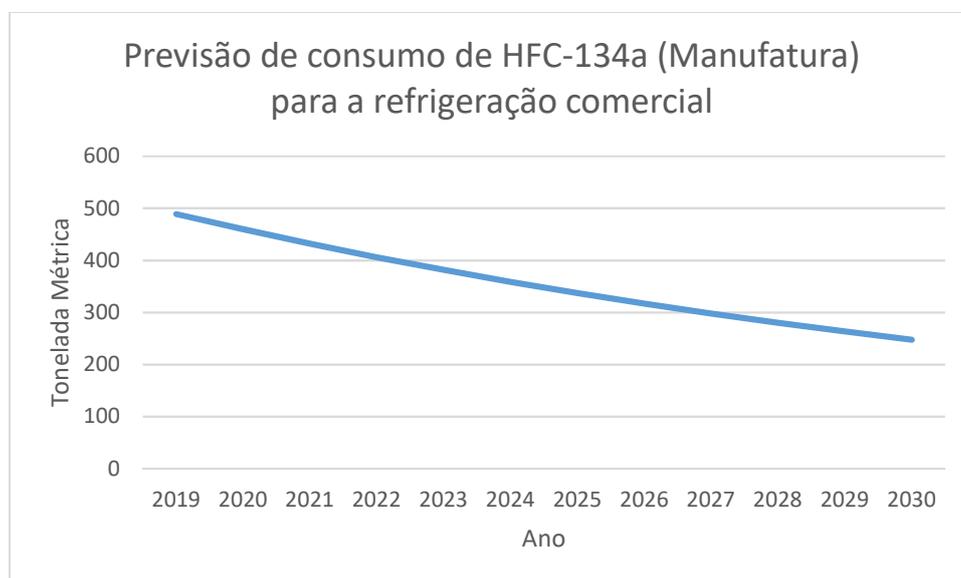
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2.250,86
2020	2.302,63
2021	2.360,20
2022	2.419,20
2023	2.479,68
2024	2.541,68
2025	2.605,22
2026	2.670,35
2027	2.737,11
2028	2.805,54
2029	2.875,67
2030	2.947,57

Fonte: Autor (2019).

Cenário 2: redução de 6% ao ano na linha de manufatura de pequenos equipamentos com HFC-134a devido à introdução de equipamentos de refrigeração comercial com cargas de até 500g de HC.

A figura 37 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

Figura 37 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura para equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 17 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

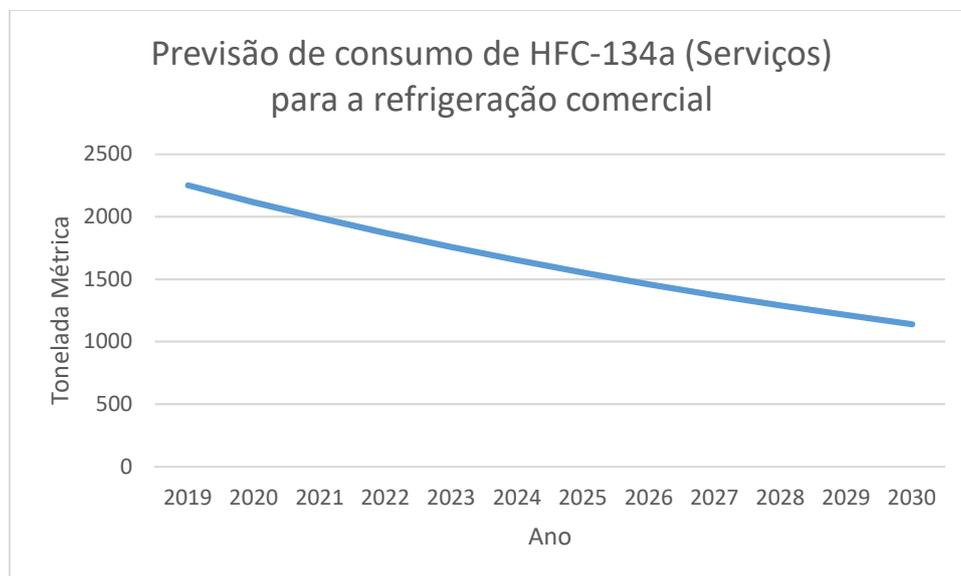
Tabela 17 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura para equipamentos de refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	488,88
2020	459,55
2021	431,97
2022	406,06
2023	381,69
2024	358,79
2025	337,26
2026	317,03
2027	298,01
2028	280,13
2029	263,32
2030	247,52

Fonte: Autor (2019).

A figura 38 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 38 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para a refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 18 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 18 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para a refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2.250,86
2020	2.115,81
2021	1.988,86
2022	1.869,53
2023	1.757,36
2024	1.651,92
2025	1.552,80
2026	1.459,63
2027	1.372,06
2028	1.289,73
2029	1.212,35
2030	1.139,61

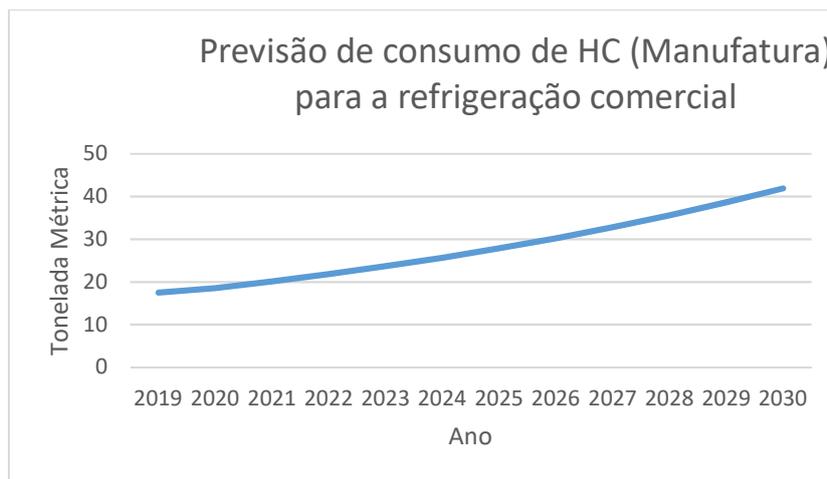
Fonte: Autor (2019).

HC-290

Cenário 1: com 6% de crescimento de 2019 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas.

A figura 39 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 39 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 19 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 19 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

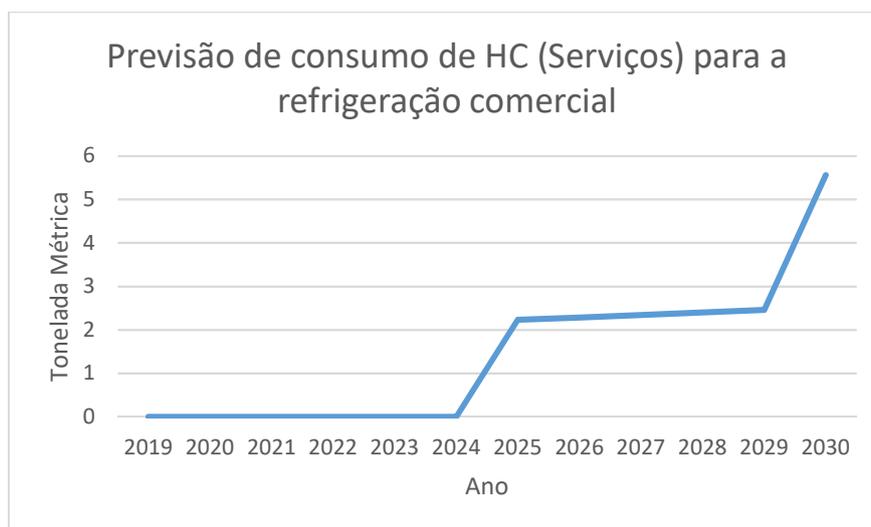
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	17,49
2020	18,54
2021	20,12
2022	21,83
2023	23,68
2024	25,69
2025	27,88
2026	30,25
2027	32,82
2028	35,61
2029	38,63
2030	41,92

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento dos reparos em novos equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso e de 30% após 10 anos de uso.

A figura 40 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços para equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 40 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 20 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços para equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 20 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

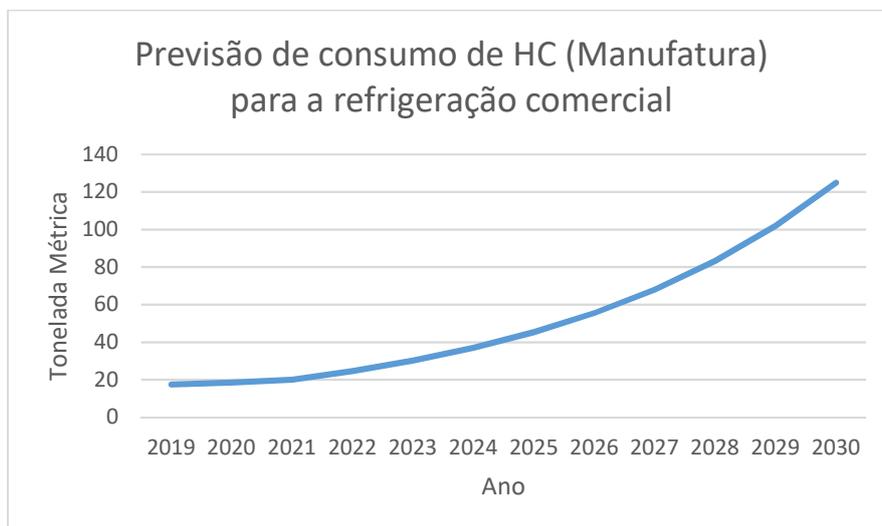
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	2,23
2026	2,29
2027	2,34
2028	2,40
2029	2,46
2030	5,56

Fonte: Autor (2019).

Cenário 2: com 6% de crescimento de 2019 a 2021, e aumento de crescimento de 20% de 2022 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas.

A figura 41 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

Figura 41 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 21 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

Tabela 21 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

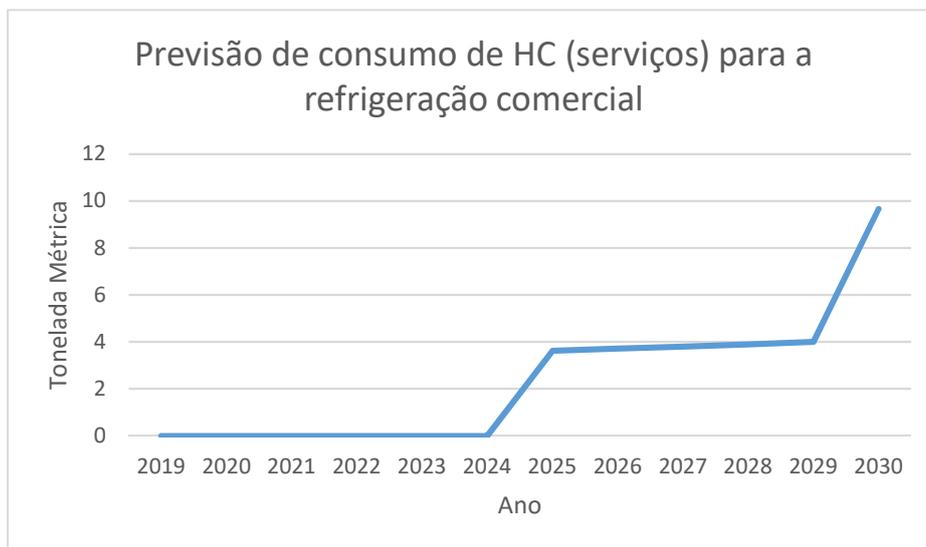
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	17,49
2020	18,54
2021	20,12
2022	24,64
2023	30,19
2024	36,98
2025	45,30
2026	55,49
2027	67,97
2028	83,27
2029	102,00
2030	124,95

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento dos reparos em novos equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso e de 30% após 10 anos de uso.

A figura 42 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 42 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 22 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 22 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

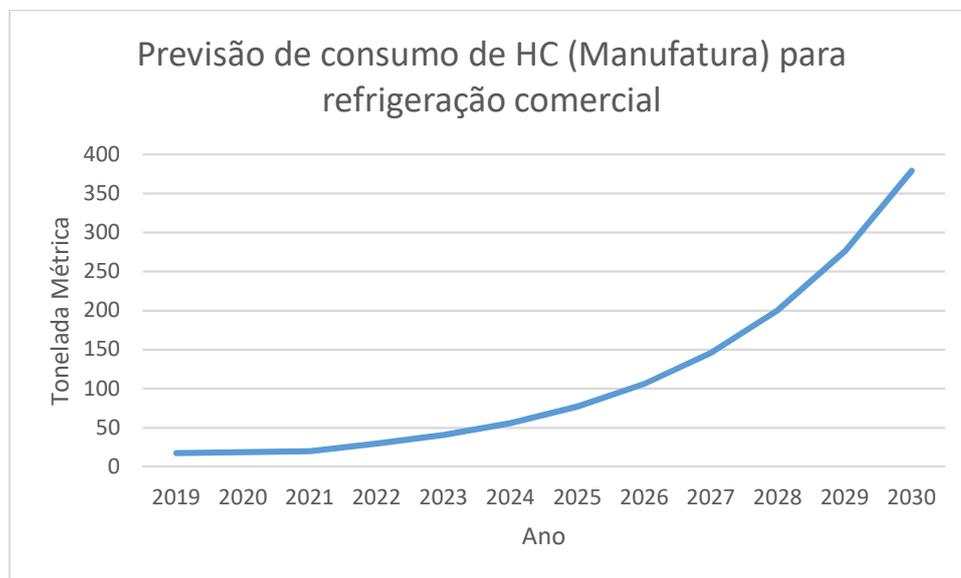
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	3,62
2026	3,71
2027	3,81
2028	3,90
2029	4,00
2030	9,66

Fonte: Autor (2019).

Cenário 3: com 6% de crescimento de 2019 a 2021 e incremento de sistemas com carga de até 500 gramas a partir de 2022.

A figura 43 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 43 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para a refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 23 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 23 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para a refrigeração comercial.

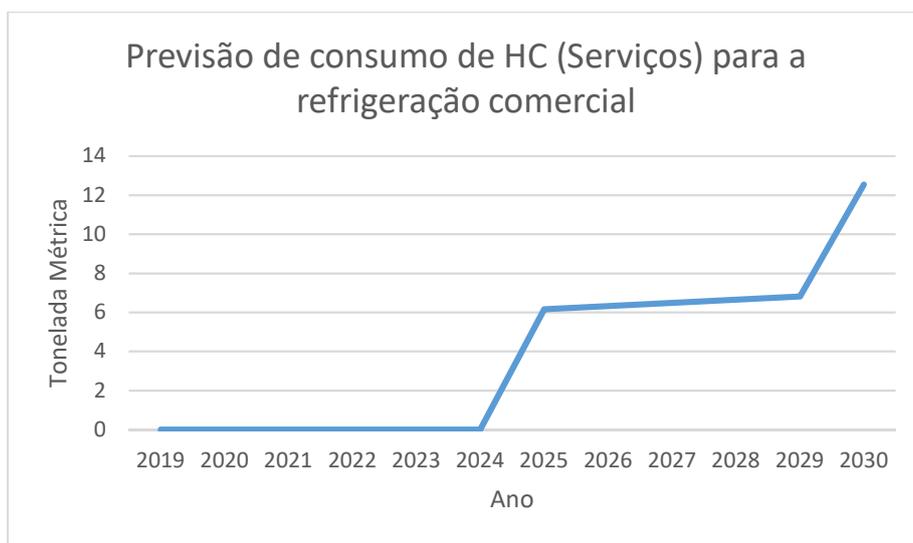
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	17,49
2020	18,54
2021	20,12
2022	29,67
2023	40,80
2024	56,09
2025	77,13
2026	106,05
2027	145,82
2028	200,51
2029	275,70
2030	379,09

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento de reparos em novos equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso e de 30% após 10 anos de uso.

A figura 44 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 44 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para a refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 24 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 24 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para a refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	6,17
2026	6,32
2027	6,48
2028	6,64
2029	6,81
2030	12,54

Fonte: Autor (2019).

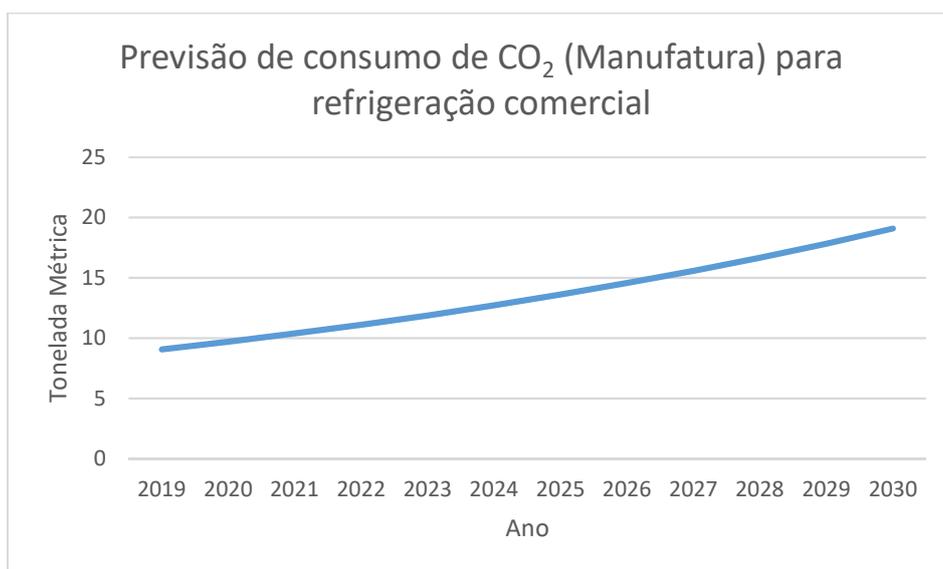
CO₂

Com relação ao fluido refrigerante CO₂, segundo informações coletadas da Danfoss, Bitzer e Carel, há uma tendência de aumento do seu uso em novas instalações, porém os entraves ainda são a mão de obra especializada, que ainda é escassa, e o valor de implantação do sistema que, apesar de ter sido bastante reduzido nos últimos anos, ainda gira em torno de 15% mais caro quando comparado aos sistemas similares com HFC-404A e HCFC-22. Segundo a Bitzer, a estimativa é de um aumento em torno de 200% na utilização do CO₂ em um período de 10 anos, mas dependendo da qualificação dos técnicos e da redução no valor dos componentes utilizados este percentual poderá aumentar.

Cenário: crescimento de 200% no consumo do CO₂ no período de 10 anos.

A figura 45 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 45 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 25 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

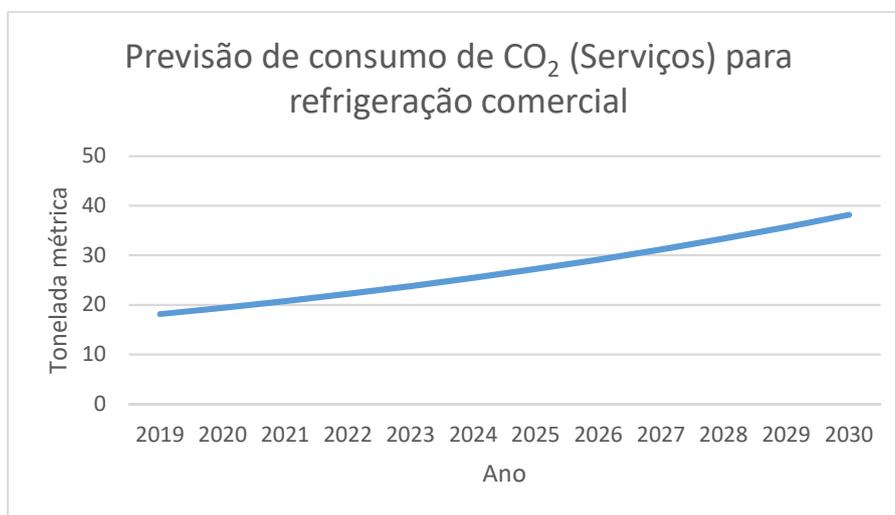
Tabela 25 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	9,07
2020	9,71
2021	10,39
2022	11,11
2023	11,89
2024	12,72
2025	13,61
2026	14,57
2027	15,59
2028	16,68
2029	17,85
2030	19,10

Fonte: Autor (2019).

A figura 46 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 46 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 26 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 26 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	18,14
2020	19,41
2021	20,77
2022	22,23
2023	23,78
2024	25,45
2025	27,23
2026	29,14
2027	31,17
2028	33,36
2029	35,69
2030	38,19

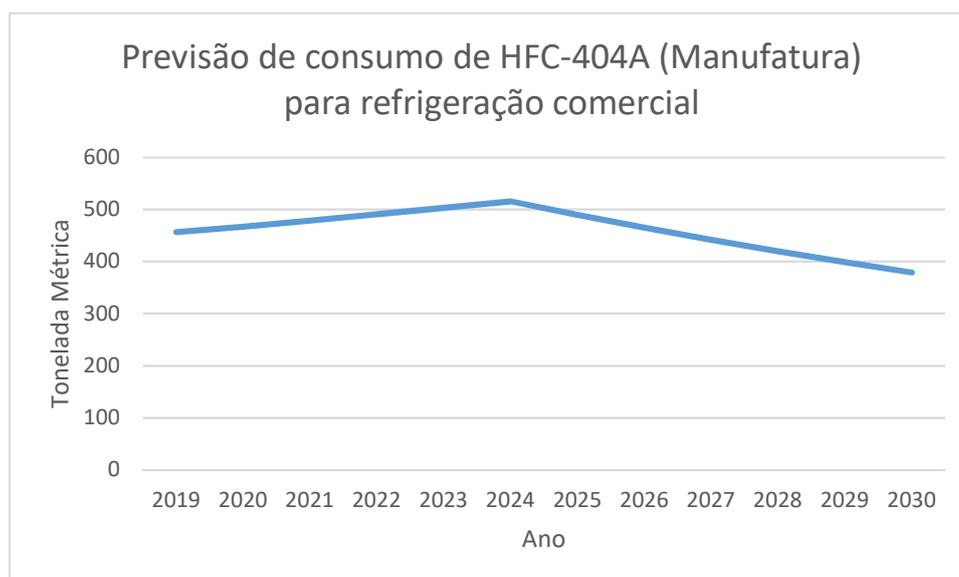
Fonte: Autor (2019).

HFC-404A

Cenário 1: de redução do consumo, a partir de 2025, em 5% ao ano, por conta do alto GWP.

A figura 47 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 47 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 27 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

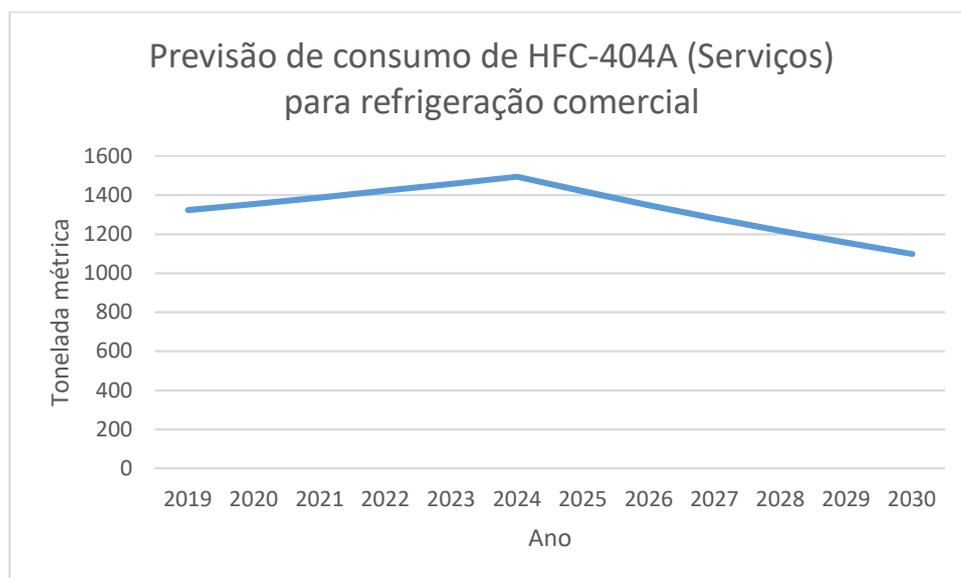
Tabela 27 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	456,62
2020	467,13
2021	478,80
2022	490,77
2023	503,04
2024	515,62
2025	489,84
2026	465,35
2027	442,08
2028	419,98
2029	398,98
2030	379,03

Fonte: Autor (2019).

A figura 48 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 48 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 28 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 28 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

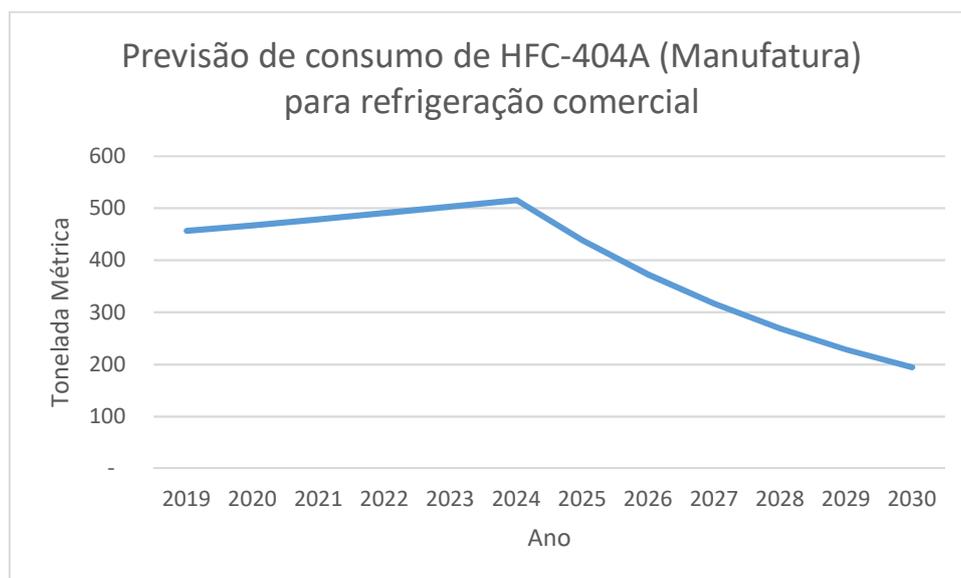
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.323,50
2020	1.353,94
2021	1.387,79
2022	1.422,49
2023	1.458,05
2024	1.494,50
2025	1.419,78
2026	1.348,79
2027	1.281,35
2028	1.217,28
2029	1.156,42
2030	1.098,60

Fonte: Autor (2019).

Cenário 2: de redução do consumo, a partir de 2025, em 15% ao ano, por conta do alto GWP e utilização de sistemas alternativos, a exemplo do HC.

A figura 49 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 49 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 29 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

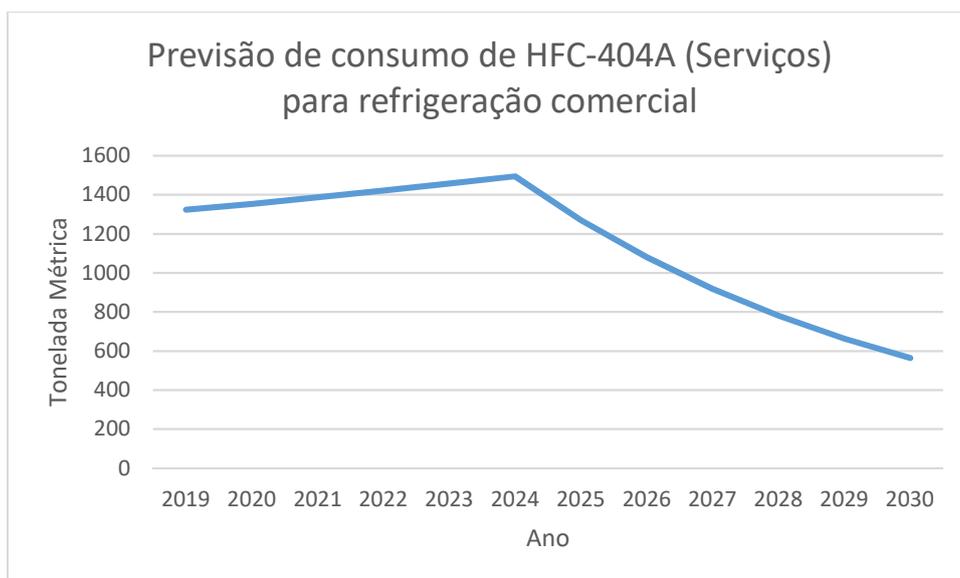
Tabela 29 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	457
2020	467
2021	479
2022	491
2023	503
2024	516
2025	438
2026	373
2027	317
2028	269
2029	229
2030	194

Fonte: Autor (2019).

A figura 50 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 50 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 30 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 30 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.323,50
2020	1.353,94
2021	1.387,79
2022	1.422,49
2023	1.458,05
2024	1.494,50
2025	1.270,33
2026	1.079,78
2027	917,81
2028	780,14
2029	663,12
2030	563,65

Fonte: Autor (2019).

9.1.3 Refrigeração industrial

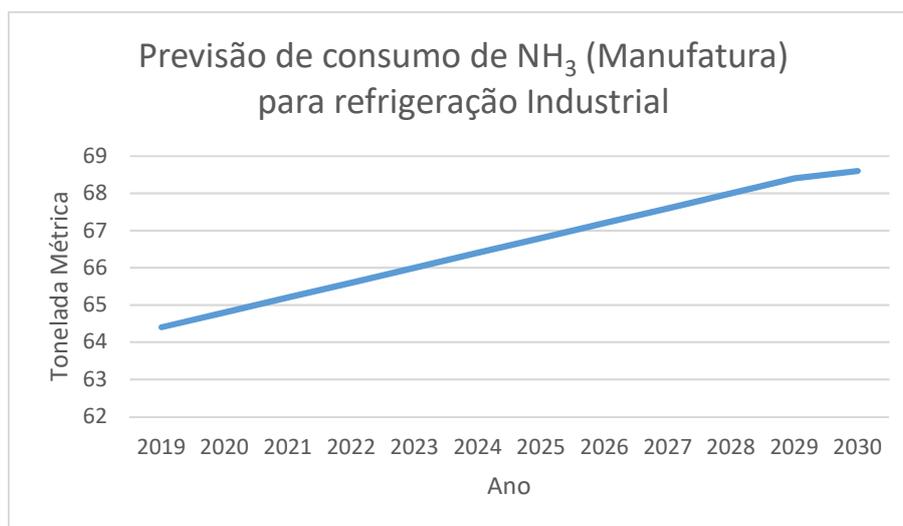
A refrigeração industrial, contemplada por equipamentos e instalações de grande porte, é utilizada tanto para conservação de alimentos quanto para realização de processos.

Tanto o setor de manufatura quanto o de serviços preveem crescimento de 6,5% nos próximos 10 anos, devido ao crescimento de demanda pela indústria de processamento de alimentos, além da expansão do número de armazéns frigoríficos nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Outro fator a ser levado em consideração é o aumento da fabricação de produtos farmacêuticos, elevando a demanda da cadeia do frio por produtos farmacêuticos nos próximos anos. Esses dados foram coletados de pesquisa realizada junto aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de refrigeração industrial considerou o perfil de crescimento citado no parágrafo anterior, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

A figura 51 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração industrial.

Figura 51 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração industrial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 31 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 pelo setor de manufatura de equipamentos de refrigeração industrial.

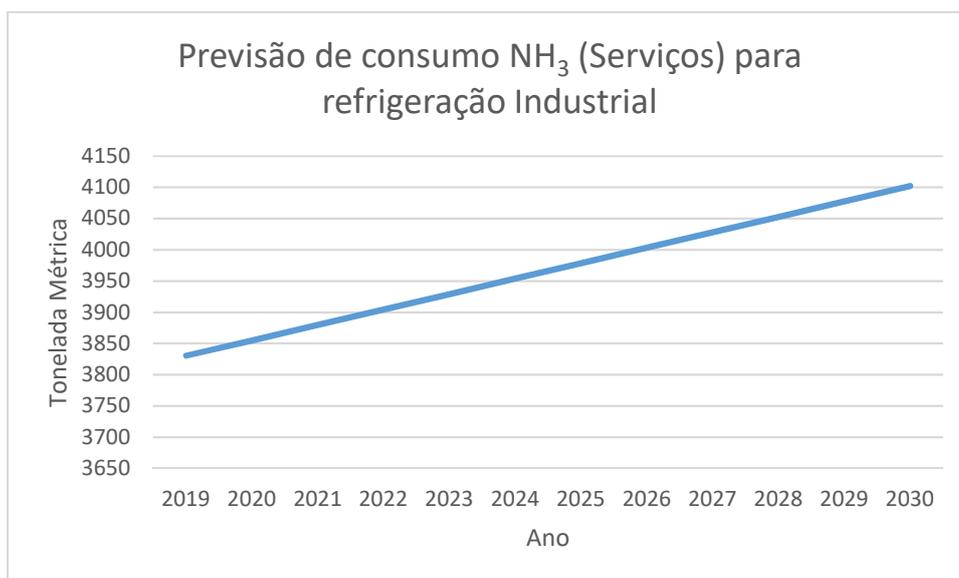
Tabela 31 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração industrial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	64,4
2020	64,8
2021	65,2
2022	65,6
2023	66
2024	66,4
2025	66,8
2026	67,2
2027	67,6
2028	68
2029	68,4
2030	68,6

Fonte: Autor (2019).

A figura 52 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 pelo setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.

Figura 52 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 32 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 pelo setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.

Tabela 32 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	3.830,4
2020	3.855,1
2021	3.879,8
2022	3.904,5
2023	3.929,2
2024	3.953,9
2025	3.978,6
2026	4.003,3
2027	4.028
2028	4.052,7
2029	4.077,4
2030	4.102,1

Fonte: Autor (2019).

9.2 Ar condicionado

9.2.1 Ar condicionado de janela

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo janela

Os condicionadores de ar de janela têm uma tendência de queda na produção devido à inserção mais acentuada do *Split*, mesmo assim a sua produção irá continuar, por conta da substituição dos aparelhos já existentes e também para suprir a demanda em locais onde a instalação de aparelhos do tipo *Split* não pode ser executada, a exemplo de edifícios populares construídos para utilização desse tipo de aparelho.

Com relação ao fluido refrigerante, recentemente houve a transição do HCFC-22 para o HFC-410A. A tendência é que o HFC-410A continue por muitos anos, visto que a mudança do HCFC-22 para o HFC-410A é recente e demandou investimentos em maquinários, treinamentos e componentes.

Já o fluido R-454B vem sendo estudado pelo setor para o desenvolvimento de novos equipamentos de ar condicionado do tipo janela, visto possuir características similares ao HFC-410A, mas com GWP reduzido. No entanto, é previsto que o processo de mudança seja lento nos cinco primeiros anos, acentuando-se posteriormente. A previsão é que 10% dos aparelhos de ar condicionado do tipo janela fabricados nos próximos cinco anos sejam com o fluido R-454B, aumentando esse número para 30% no período entre 2025 e 2030, segundo informações da Chemours.

Já a utilização do HC-290 em ACJ irá depender do comportamento do mercado mundial, mas com a previsão de sua inserção no Brasil a partir de 2027, com uma fatia acumulada de 15% do referido mercado no período entre 2027 a 2030, segundo fabricantes como a Springer e Electrolux. Os dados informados foram obtidos de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistências técnicas credenciadas aos fabricantes.

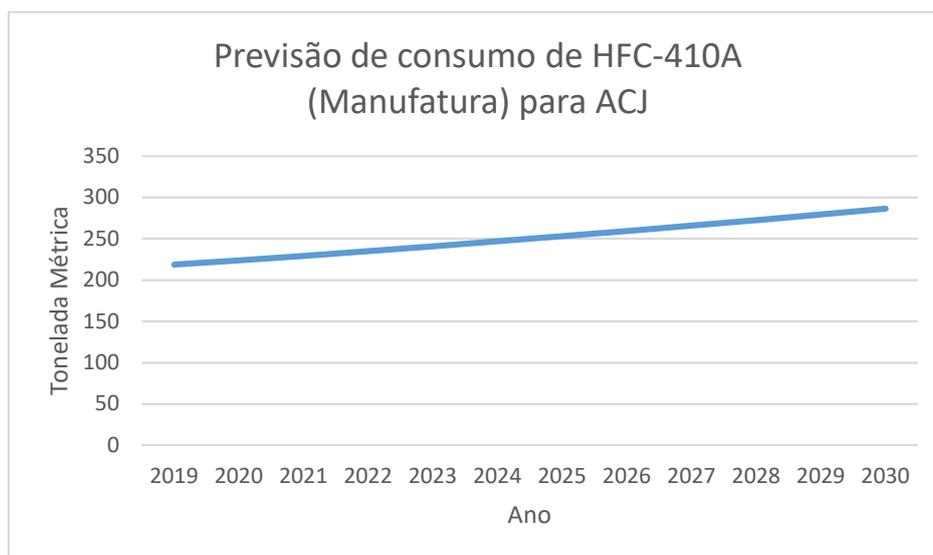
A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo janela consistiu em adotar o perfil de crescimento do uso do HFC-410A acompanhado pelo desempenho do PIB, tendo em vista um cenário de previsão de crescimento econômico.

Para o setor de serviços relacionado à utilização de fluidos refrigerantes alternativos no mercado, o valor de 10% de consumo a partir do quinto ano de fabricação foi considerado, de acordo com informações cedidas pelas empresas de assistência técnica da Springer e Electrolux.

HFC-410A

A figura 53 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo de janela, acompanhando o crescimento econômico estimado para o PIB.

Figura 53 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 33 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo de janela, acompanhando o crescimento econômico estimado para o PIB.

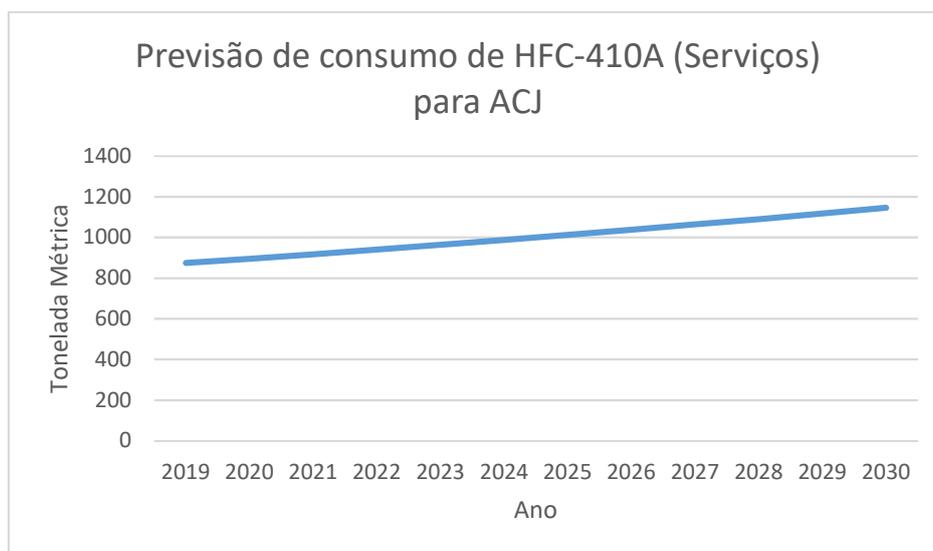
Tabela 33 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	218,74
2020	223,77
2021	229,36
2022	235,10
2023	240,97
2024	247,00
2025	253,17
2026	259,50
2027	265,99
2028	272,64
2029	279,45
2030	286,44

Fonte: Autor (2019).

A figura 54 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 54 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 34 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 34 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.

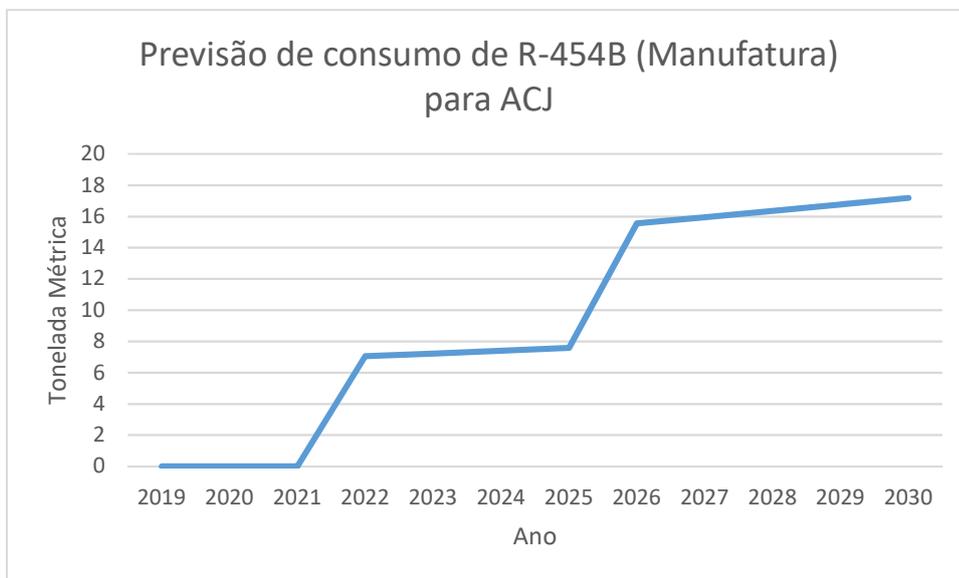
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	874,94
2020	895,07
2021	917,44
2022	940,38
2023	963,89
2024	987,99
2025	1.012,69
2026	1.038,00
2027	1.063,95
2028	1.090,55
2029	1.117,82
2030	1.145,76

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 55 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 55 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 35 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 35 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado de janela.

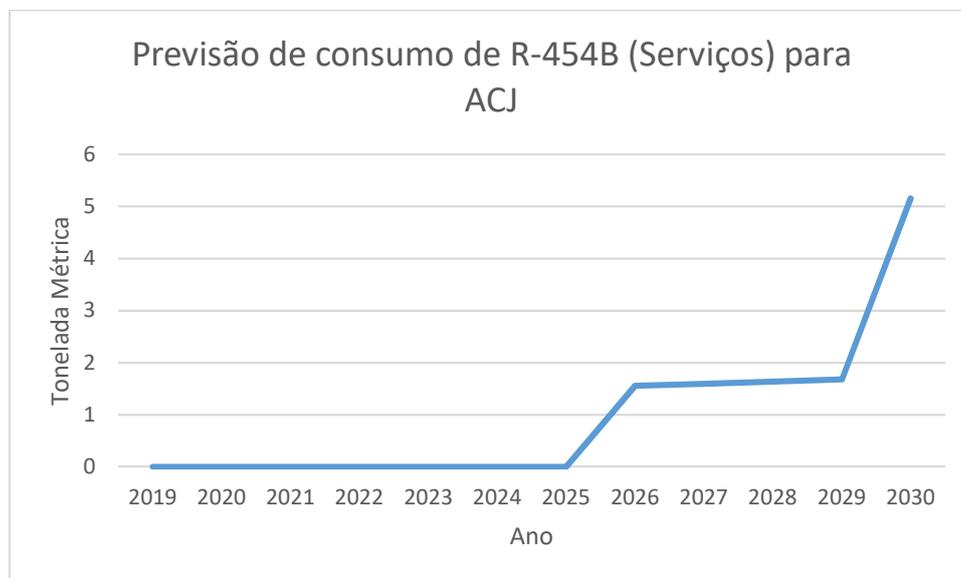
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	7,05
2023	7,23
2024	7,41
2025	7,60
2026	15,57
2027	15,96
2028	16,36
2029	16,77
2030	17,19

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos herméticos é de 8% após cinco anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 56 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 56 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 36 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 36 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	1,56
2027	1,60
2028	1,64
2029	1,68
2030	5,16

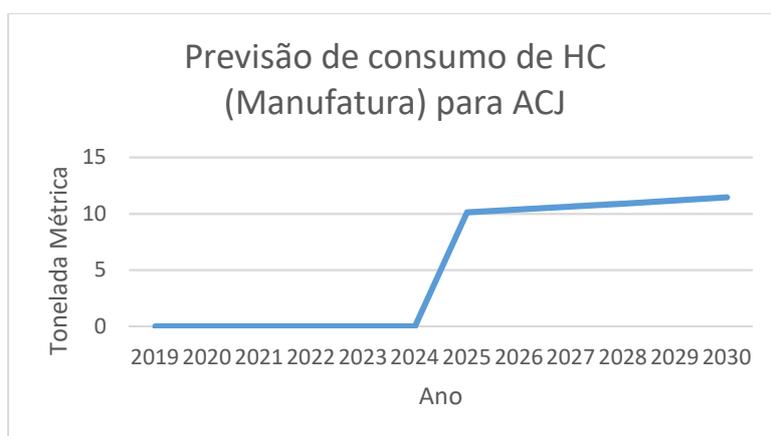
Fonte: Autor (2019).

HC-290

Para o consumo de HC no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela, seu uso irá depender do comportamento do mercado mundial quanto ao uso do HC-290 em equipamentos com carga acima de 150 gramas, mas a previsão é de inserção no Brasil a partir de 2027, respondendo por 15% do volume fabricado no período entre 2027 a 2030.

A figura 57 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 57 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 37 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 37 – Consumo do HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura para o setor de ar condicionado do tipo janela.

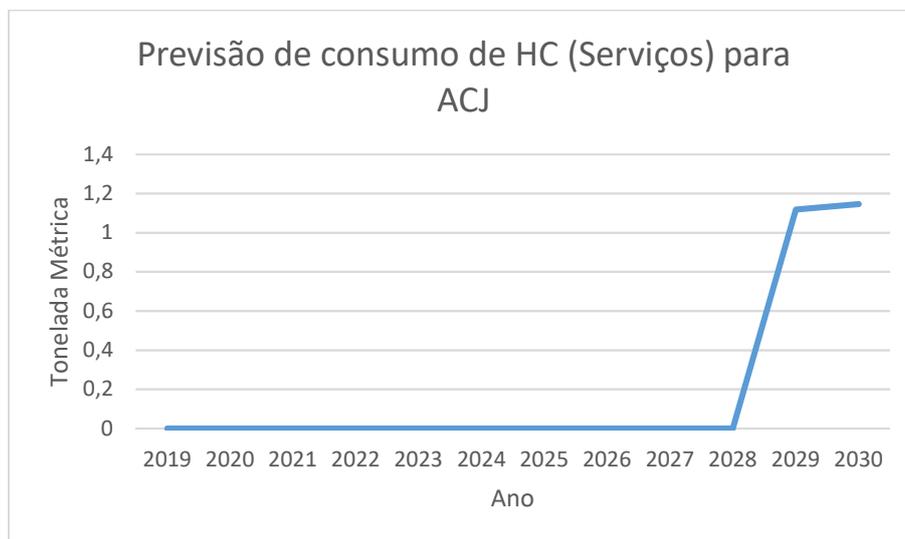
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	10,13
2026	10,38
2027	10,64
2028	10,91
2029	11,18
2030	11,46

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos em equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso.

A figura 58 mostra o consumo de HC previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 58 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 38 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 38 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	1,12
2030	1,15

Fonte: Autor (2019).

9.2.2 Ar condicionado do tipo Split

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo split

O setor de condicionadores de ar do tipo Split tem uma tendência de crescimento suave nos próximos anos, acompanhando os índices de desenvolvimento econômico nacional.

Com relação ao fluido refrigerante, iniciou-se nos últimos 5 anos a transição do HCFC-22 para o HFC-410A. A tendência é que o HFC-410A continue por mais anos de acordo com os fabricantes do setor devido aos investimentos já feitos, conforme entrevistas realizadas com a Springer e Electrolux.

Com relação à transição do mercado para a utilização de fluidos de menor GWP, o HFC-32 é o mais cotado, com a previsão de que nos próximos cinco anos atinja uma inserção mais acentuada no mercado nacional, respondendo por 15% do volume de aparelhos fabricados/comercializados nos cinco primeiros anos e de 25% entre os anos de 2025 a 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com uma transição estimada em 10% do mercado para os anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que este fluido responderá por cerca de 25% do volume ofertado de aparelhos entre os anos de 2025 a 2030.

Considera-se que o HC-290 deverá ter mudanças mais lentas devido aos critérios de segurança a serem adotados pelos fabricantes em suas plantas de produção, com a exigência de um programa de treinamento específico para que as assistências técnicas credenciadas aos fabricantes possam trabalhar com esse fluido.

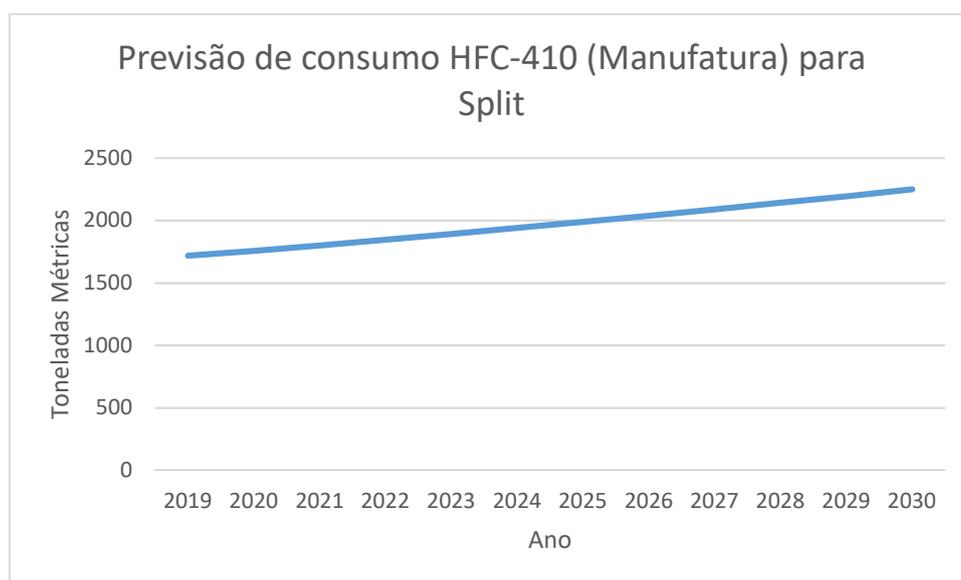
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo split considerou o perfil de crescimento citado acima, juntamente com a previsão de crescimento da economia brasileiro (segundo dados do IPEA, 2019).

HFC-410A

A figura 59 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 59 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 39 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

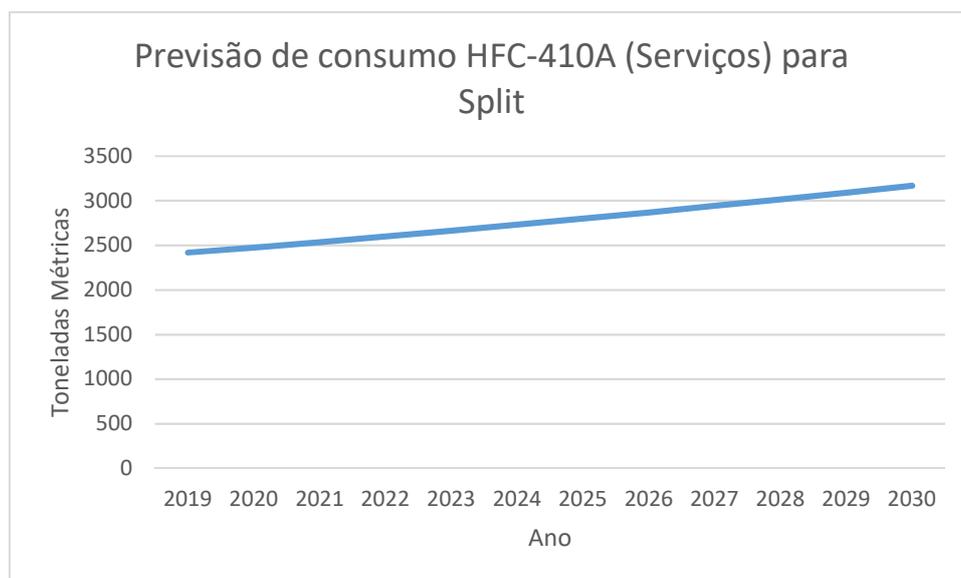
Tabela 39 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	1.758,17
2021	1.802,12
2022	1.847,18
2023	1.893,36
2024	1.940,69
2025	1.989,21
2026	2.038,94
2027	2.089,91
2028	2.142,16
2029	2.195,71
2030	2.250,60

Fonte: Autor (2019).

A figura 60 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 60 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 40 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 40 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.

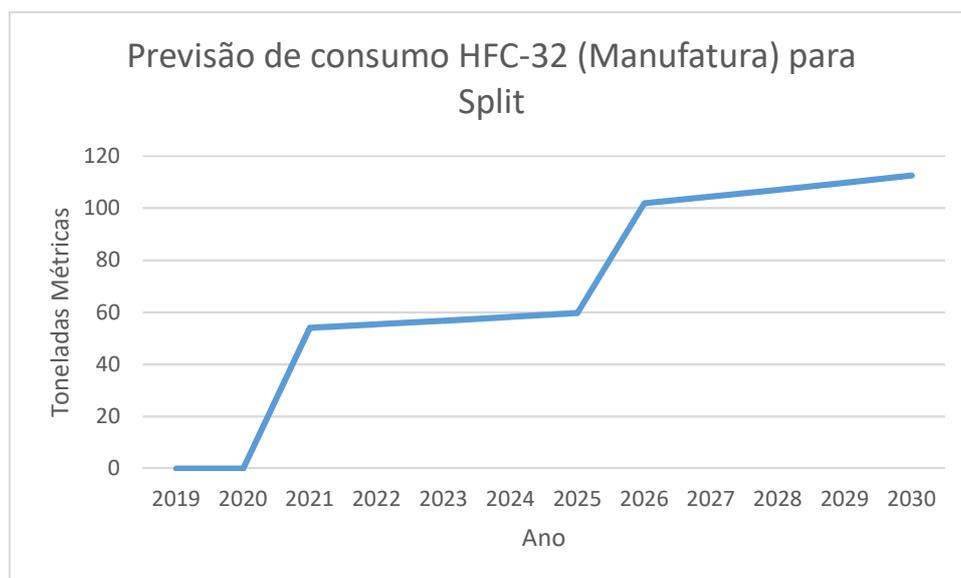
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2419,20
2020	2474,84
2021	2536,71
2022	2600,13
2023	2665,13
2024	2731,76
2025	2800,06
2026	2870,06
2027	2941,81
2028	3015,35
2029	3090,74
2030	3168,01

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 61 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 61 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 41 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 41 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

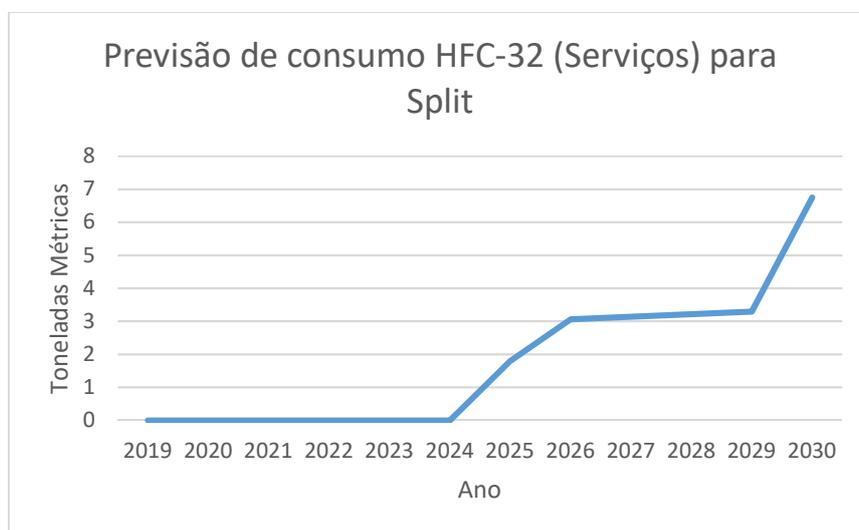
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	54,06
2022	55,42
2023	56,80
2024	58,22
2025	59,68
2026	101,95
2027	104,50
2028	107,11
2029	109,79
2030	112,53

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 62 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 62 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 42 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 42 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

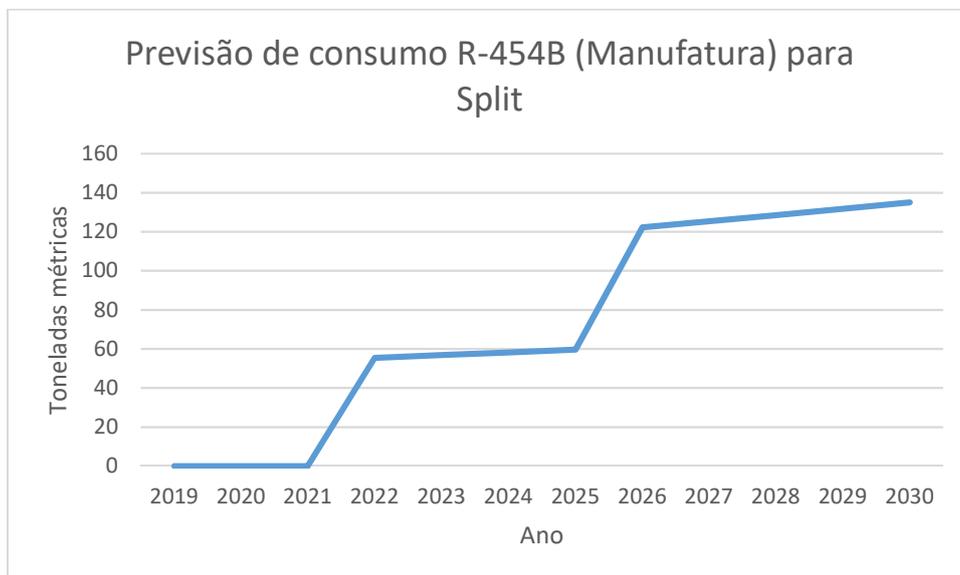
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	1,79
2026	3,06
2027	3,13
2028	3,21
2029	3,29
2030	6,75

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 63 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 63 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 43 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 43 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

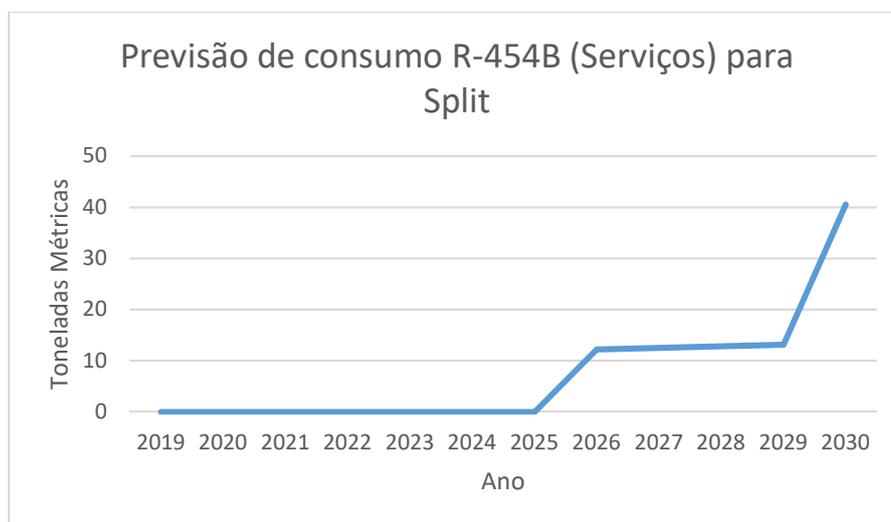
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	55,42
2023	56,80
2024	58,22
2025	59,68
2026	122,34
2027	125,39
2028	128,53
2029	131,74
2030	135,04

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 64 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 64 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 44 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 44 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.

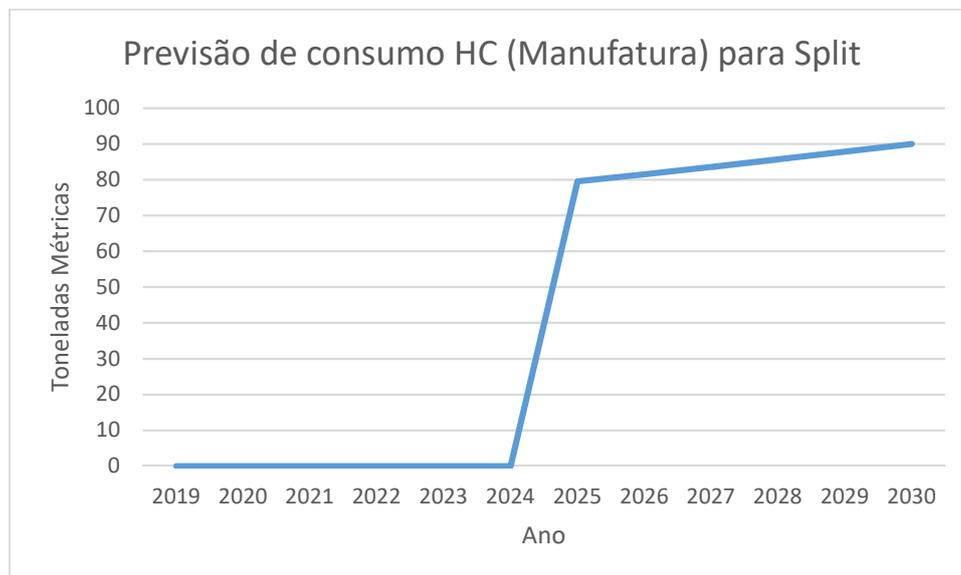
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	12,23
2027	12,54
2028	12,85
2029	13,17
2030	40,51

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 65 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 65 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 45 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 45 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo split.

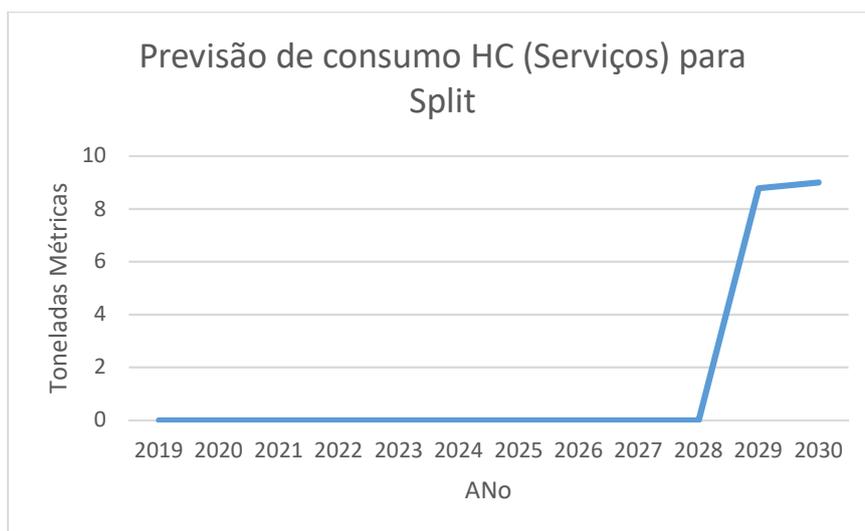
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	79,57
2026	81,56
2027	83,60
2028	85,69
2029	87,83
2030	90,02

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 66 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 66 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 46 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 46 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	8,78
2030	9,00

Fonte: Autor (2019).

9.2.3 Ar condicionado do tipo *rooftop*

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo *rooftop*

O *rooftop* é uma central de ar condicionado compacta, que não necessita de casa de máquinas e é indicada para ambientes de grandes proporções, com poucas divisórias (paredes), como galpões, salões de festas, tendas de eventos, entre outros.

Este tipo de aparelho é utilizado em grandes instalações e os índices de crescimento de fabricação estão atrelados aos índices da construção civil de grandes empreendimentos, tais como auditórios, teatros, parque de exposições.

O fluido predominante nestes aparelhos atualmente é o HFC-410A, mas há tendência de sua substituição pelo HFC-32 e em menor grau pelos fluidos R-454B e HC-290. Para o HFC-32, é esperada a produção para a substituição de 15% dos aparelhos fabricados nos próximos cinco anos e de 25% entre os anos de 2025 a 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com a transição estimada de 10% do mercado nos anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que esse fluido responderá por cerca de 25% do volume ofertado de aparelhos entre os anos de 2025 a 2030.

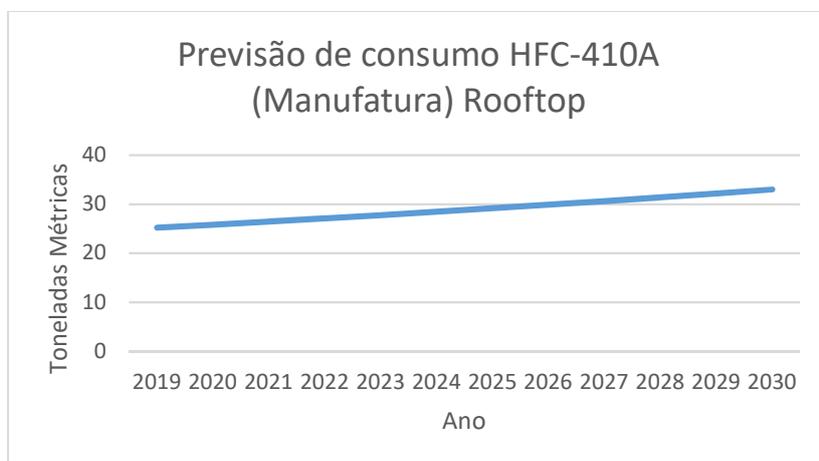
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop* considerou o perfil de crescimento citado acima, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 67 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 67 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 47 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

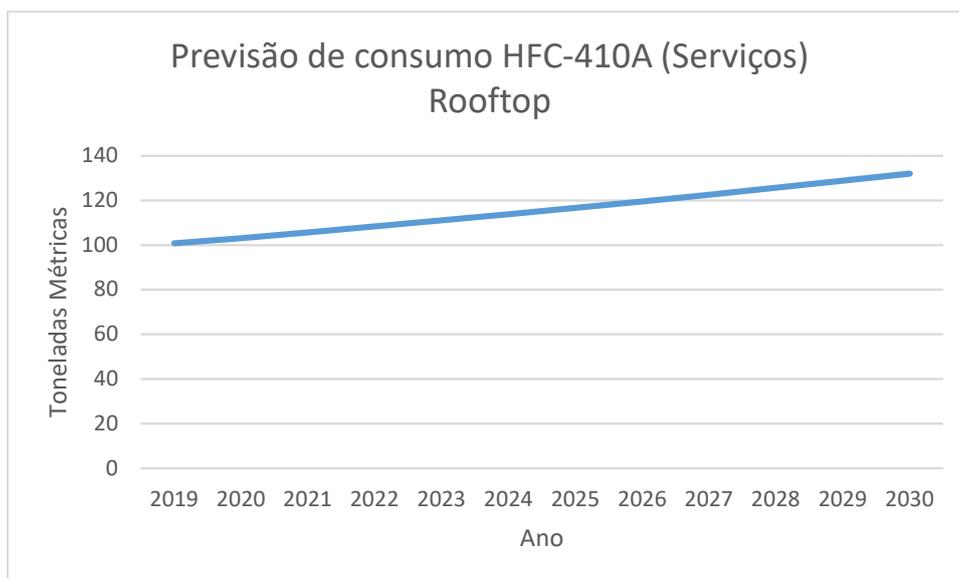
Tabela 47 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	25,20
2020	25,78
2021	26,42
2022	27,08
2023	27,76
2024	28,46
2025	29,17
2026	29,90
2027	30,64
2028	31,41
2029	32,20
2030	33,00

Fonte: Autor (2019).

A figura 68 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 68 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 48 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 48 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

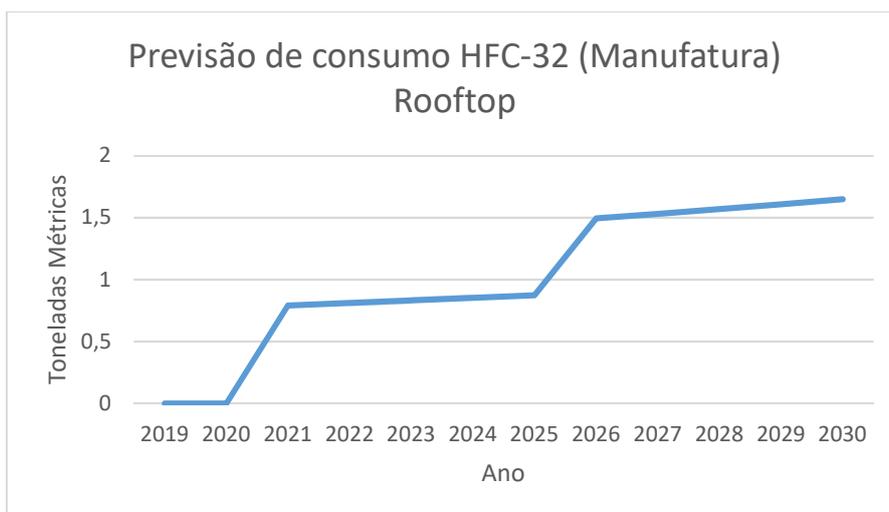
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	100,80
2020	103,12
2021	105,70
2022	108,34
2023	111,05
2024	113,82
2025	116,67
2026	119,59
2027	122,58
2028	125,64
2029	128,78
2030	132,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 69 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 69 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 49 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 49 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

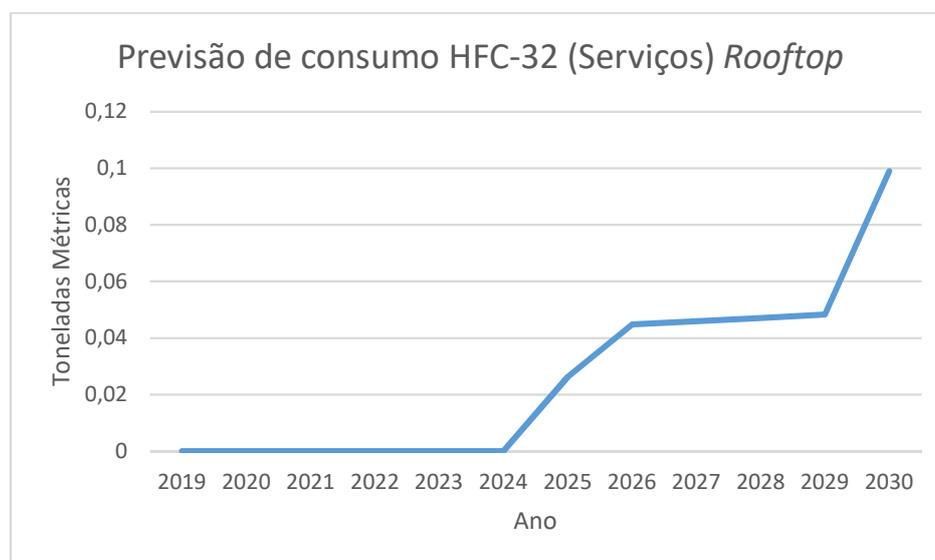
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,79
2022	0,81
2023	0,83
2024	0,85
2025	0,88
2026	1,49
2027	1,53
2028	1,57
2029	1,61
2030	1,65

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 70 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 70 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 50 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 para o setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 50 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

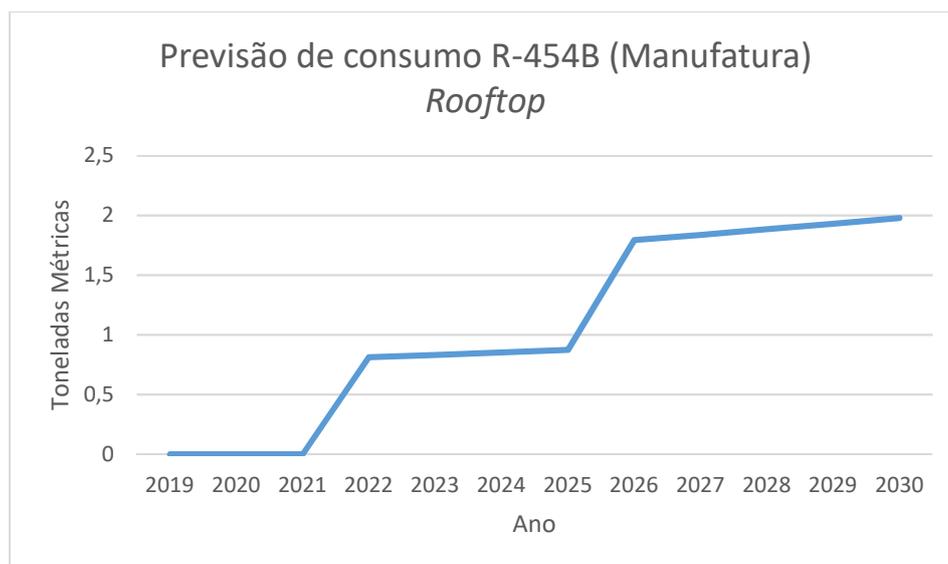
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,03
2026	0,04
2027	0,05
2028	0,05
2029	0,05
2030	0,10

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 71 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 71 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 51 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 51 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de ar condicionado do tipo *rooftop*.

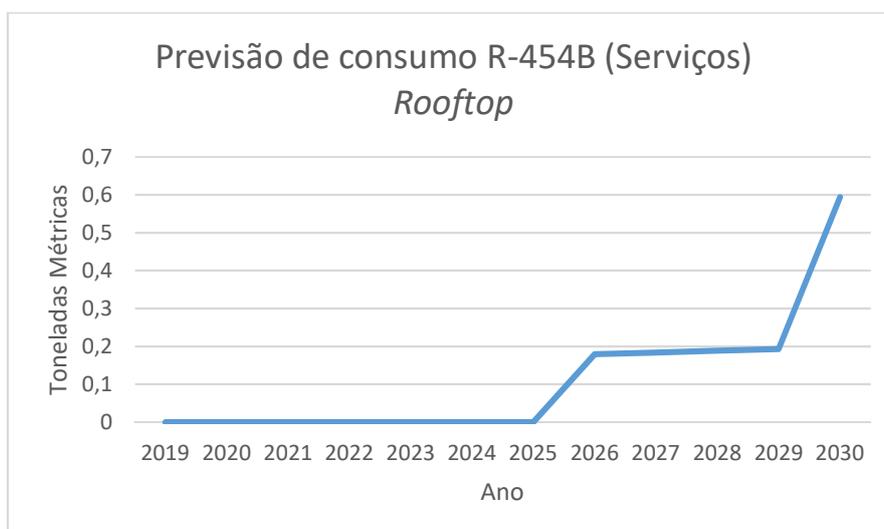
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,81
2023	0,83
2024	0,85
2025	0,88
2026	1,79
2027	1,84
2028	1,88
2029	1,93
2030	1,98

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 72 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 72 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 52 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 52 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

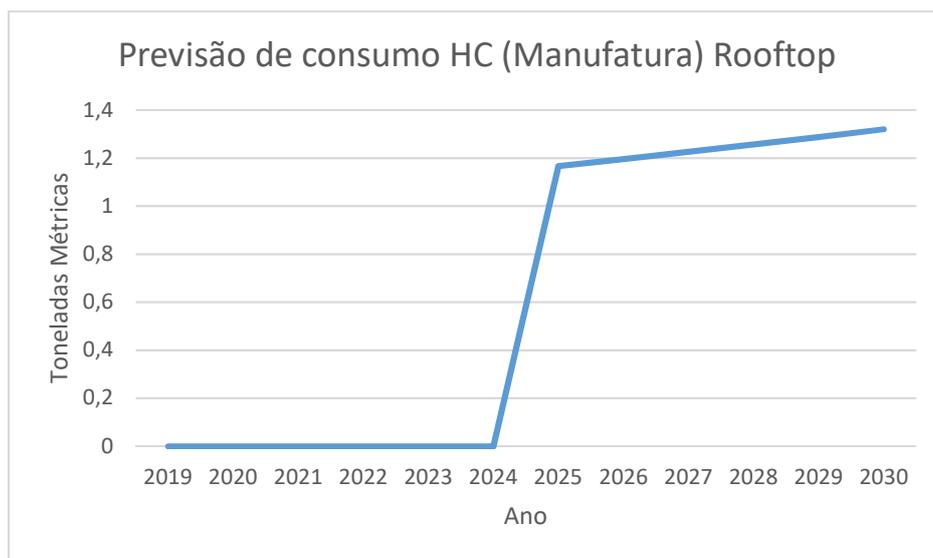
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,18
2027	0,18
2028	0,19
2029	0,19
2030	0,59

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 73 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 73 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 53 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 53 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

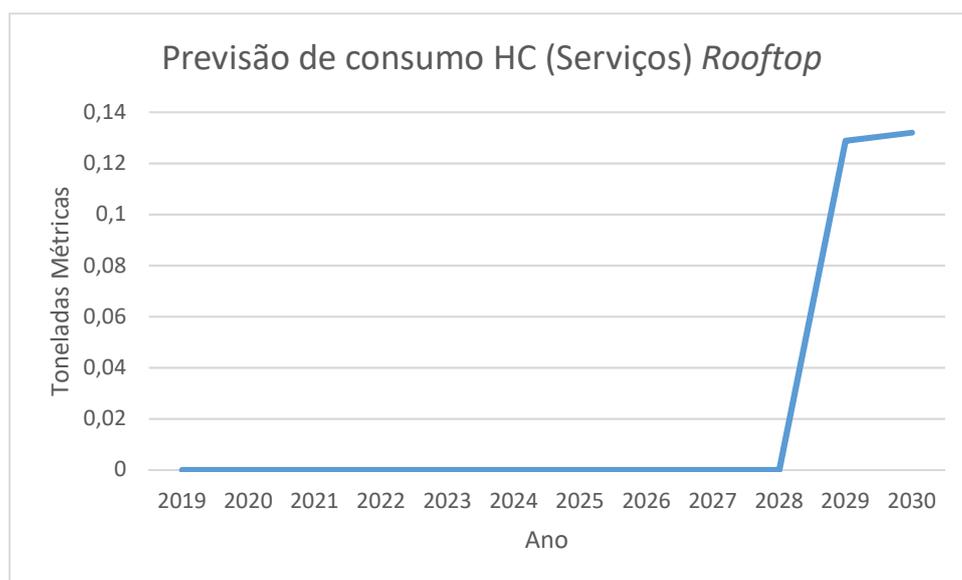
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	1,17
2026	1,20
2027	1,23
2028	1,26
2029	1,29
2030	1,32

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso.

A figura 74 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 74 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 54 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 54 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	0,13
2030	0,13

Fonte: Autor (2019).

9.2.4 Ar condicionado do tipo *self contained*

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo *self contained*

O equipamento *self contained* é uma central de ar condicionado compacta de médio porte, indicada para ambientes que necessitem de carga térmica entre 5 a 20 TRs (Toneladas de Refrigeração), sendo indicados para estabelecimentos comerciais, tais como bancos, galpões, salas comerciais, entre outros.

Este tipo de aparelho é utilizado em médias e grandes instalações, por isso as demandas do setor estão atreladas aos índices de crescimento da construção civil de ambientes comerciais.

O fluido predominante nestes aparelhos é o HFC-410A, mas há tendência de sua substituição pelo HFC-32 e em menor grau pelos fluidos R-454B e HC. Sendo o HFC-32 responsável pela substituição de 15% dos aparelhos fabricados nos próximos cinco anos e de 25% entre os anos de 2025 e 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com uma transição estimada de 10% do mercado para os anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que esse fluido responderá por cerca de 25% do volume ofertado de aparelhos entre os anos de 2025 a 2030.

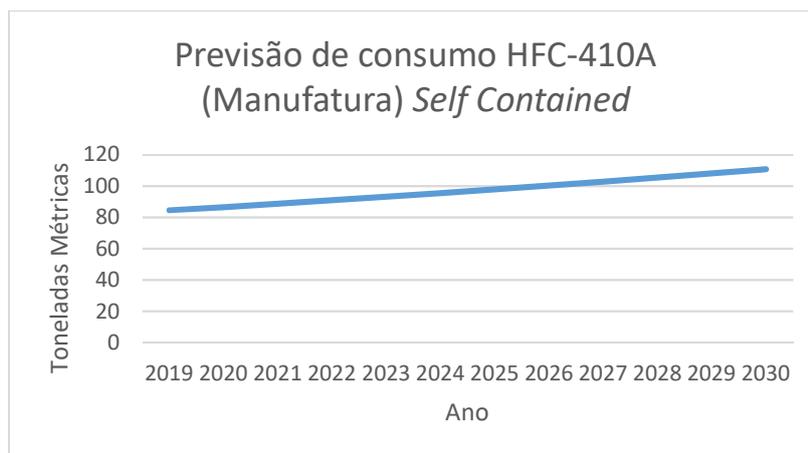
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo *self contained* considerou o perfil de crescimento citado acima, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 75 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 75 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 55 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

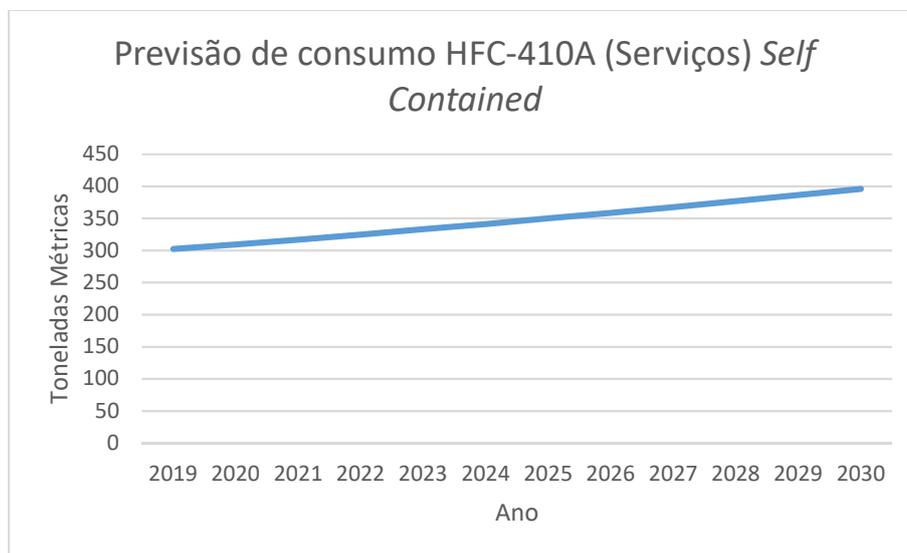
Tabela 55 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	84,67
2020	86,62
2021	88,78
2022	91,00
2023	93,28
2024	95,61
2025	98,00
2026	100,45
2027	102,96
2028	105,54
2029	108,18
2030	110,88

Fonte: Autor (2019).

A figura 76 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 76 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 56 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 56 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

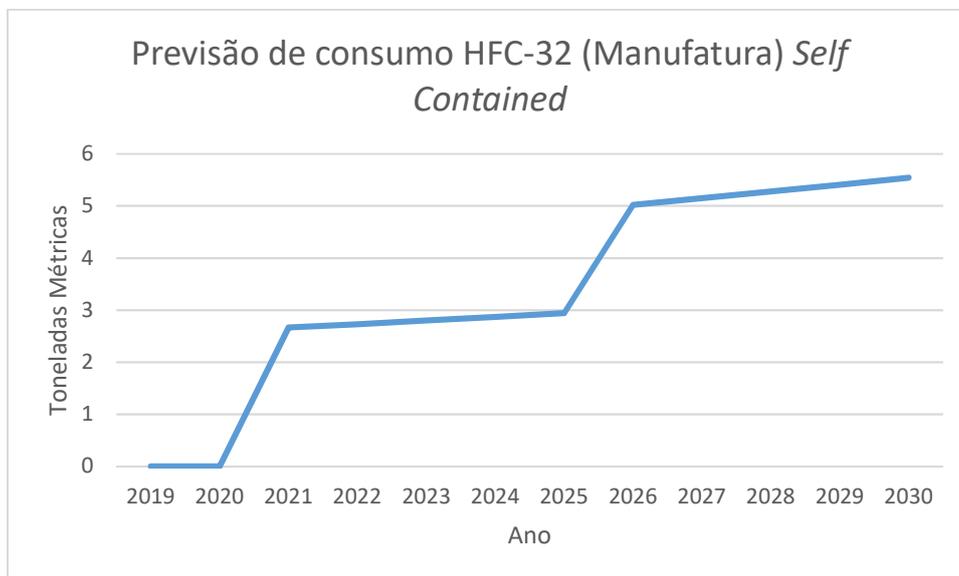
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	302,40
2020	309,36
2021	317,09
2022	325,02
2023	333,14
2024	341,47
2025	350,01
2026	358,76
2027	367,73
2028	376,92
2029	386,34
2030	396,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 77 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 77 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 57 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 57 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

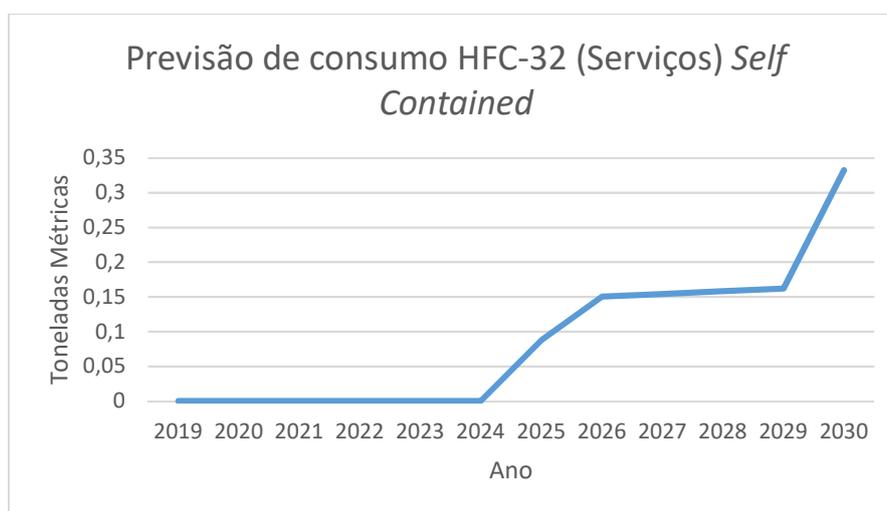
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	2,66
2022	2,73
2023	2,80
2024	2,87
2025	2,94
2026	5,02
2027	5,15
2028	5,28
2029	5,41
2030	5,54

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 78 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 78 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 58 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 58 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

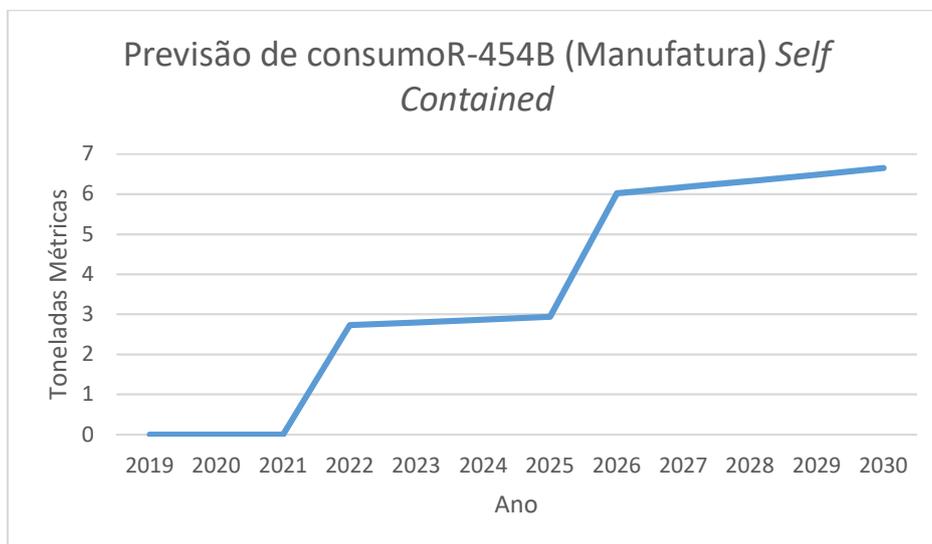
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,09
2026	0,15
2027	0,15
2028	0,16
2029	0,16
2030	0,33

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 79 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 79 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 59 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 59 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

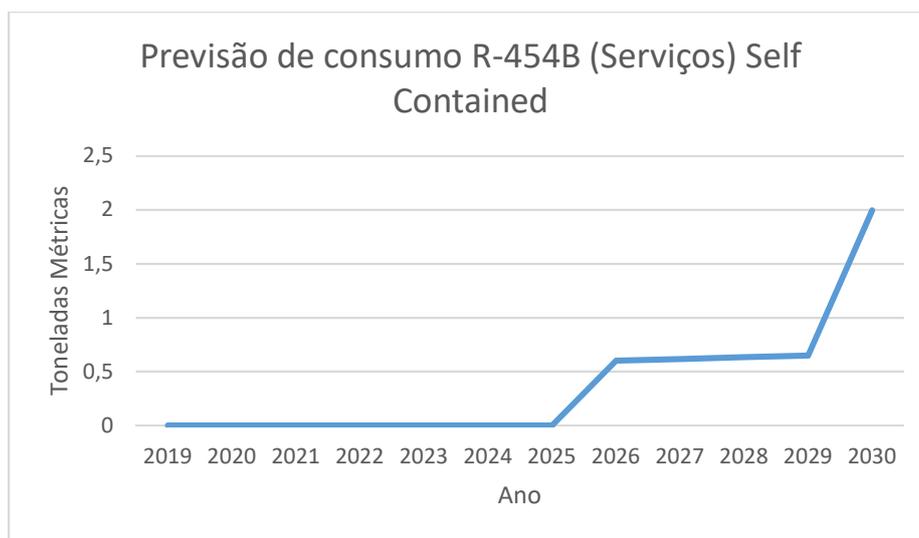
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	2,73
2023	2,80
2024	2,87
2025	2,94
2026	6,03
2027	6,18
2028	6,33
2029	6,49
2030	6,65

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 80 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 80 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 60 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 60 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

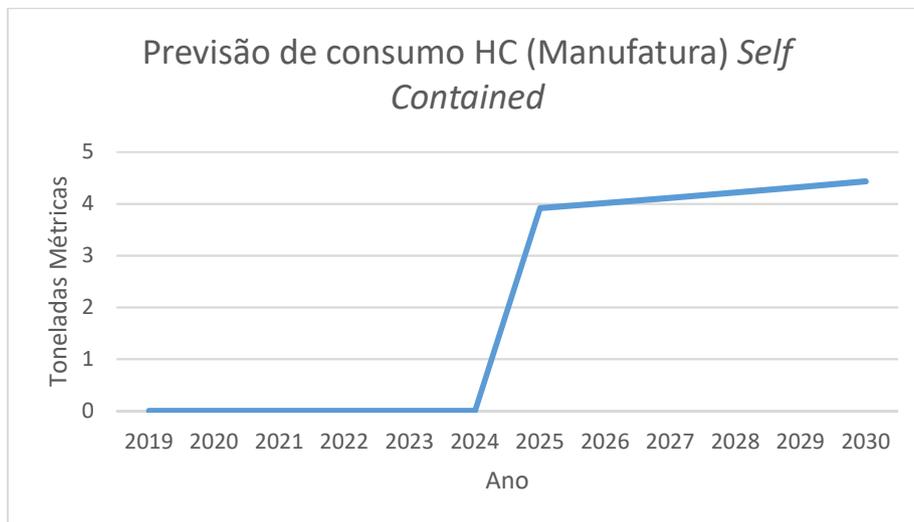
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,60
2027	0,62
2028	0,63
2029	0,65
2030	2,00

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 81 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 81 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 61 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 61 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *self contained*.

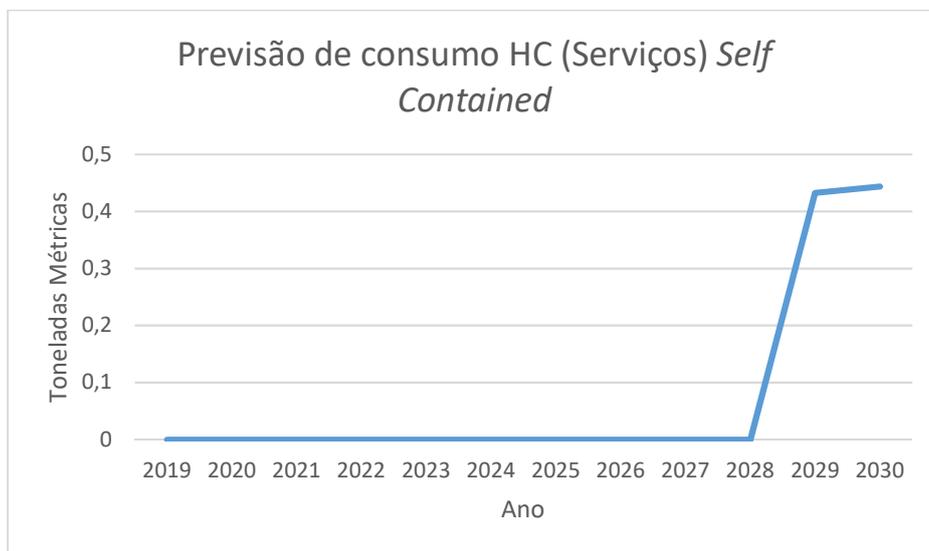
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	3,92
2026	4,02
2027	4,12
2028	4,22
2029	4,33
2030	4,44

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso.

A figura 82 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 82 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 62 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 62 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	0,43
2030	0,44

Fonte: Autor (2019).

9.2.5 Ar condicionado do tipo Fluxo de Refrigerante Variável - VRF (Médio e Grande Porte)

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo Fluxo de Refrigerante Variável - VRF (Médio e Grande Porte)

O VRF é um sistema de ar condicionado compacto de médio ou grande porte, sendo indicado para ambientes de diversos tamanhos e carga térmica variável. São utilizados em estabelecimentos comerciais de médio e grande porte, tais como bancos, galpões, salas comerciais, salão de eventos, entre outros.

Este tipo de aparelho é utilizado em médias e grandes instalações e os índices de crescimento de fabricação estão atrelados aos índices de crescimento da construção civil de ambientes comerciais.

O fluido predominante nestes aparelhos é o HFC-410A, mas há tendência de sua substituição pelo HFC-32, e menor grau pelos fluidos R-454B e HC-290. Sendo o HFC-32 responsável pela substituição de 15% dos aparelhos nos próximos cinco anos e de 25% entre os anos de 2025 e 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com a transição estimada em 10% de participação deste mercado para os anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para HC-290, estima-se que esse fluido responderá por cerca de 25% do volume acumulado entre os anos de 2025 a 2030.

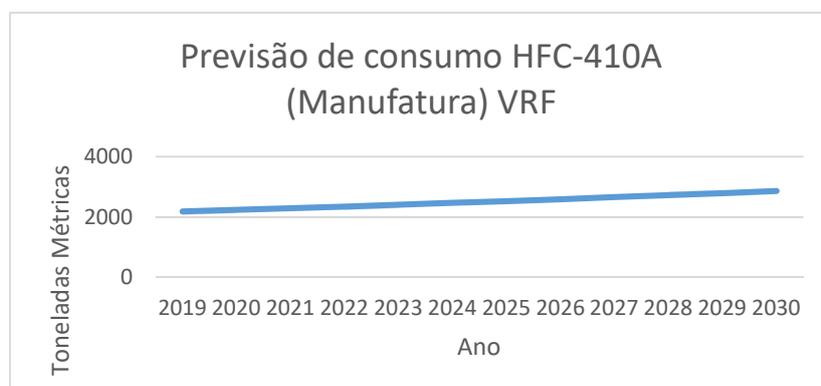
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo VRF considerou o perfil de crescimento citado acima, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 83 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 83 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 63 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

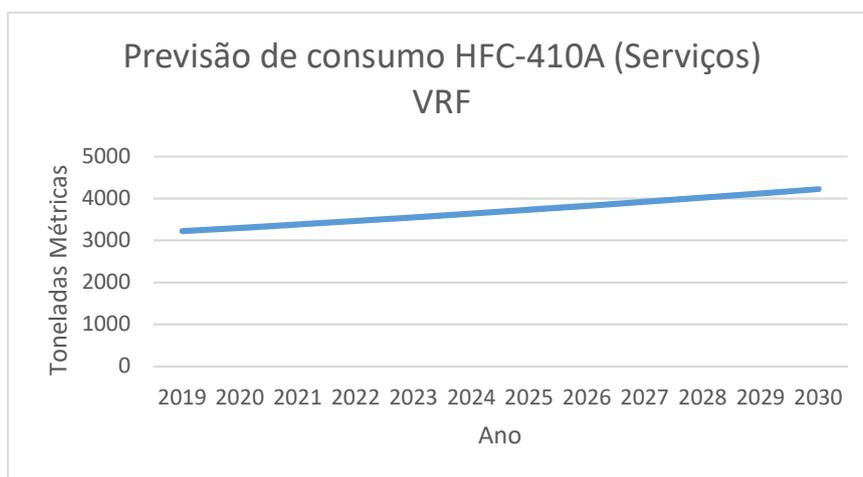
Tabela 63 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2.187,36
2020	2.237,67
2021	2.293,61
2022	2.350,95
2023	2.409,73
2024	2.469,97
2025	2.531,72
2026	2.595,01
2027	2.659,89
2028	2.726,38
2029	2.794,54
2030	2.864,41

Fonte: Autor (2019).

A figura 84 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 84 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 64 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

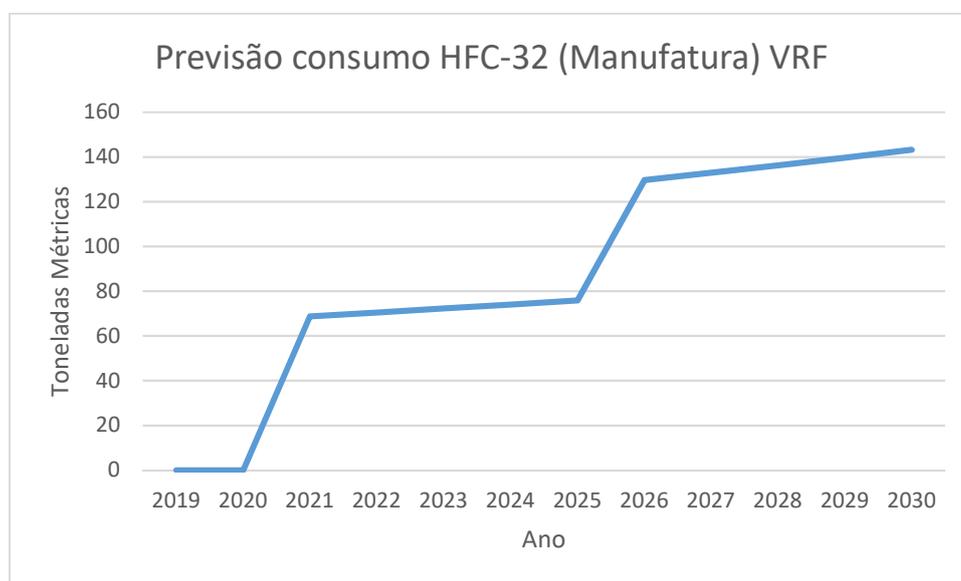
Tabela 64 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	3.225,60
2020	3.299,79
2021	3.382,28
2022	3.466,84
2023	3.553,51
2024	3.642,35
2025	3.733,41
2026	3.826,74
2027	3.922,41
2028	4.020,47
2029	4.120,98
2030	4.224,01

HFC-32

A figura 85 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 85 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 65 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 65 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

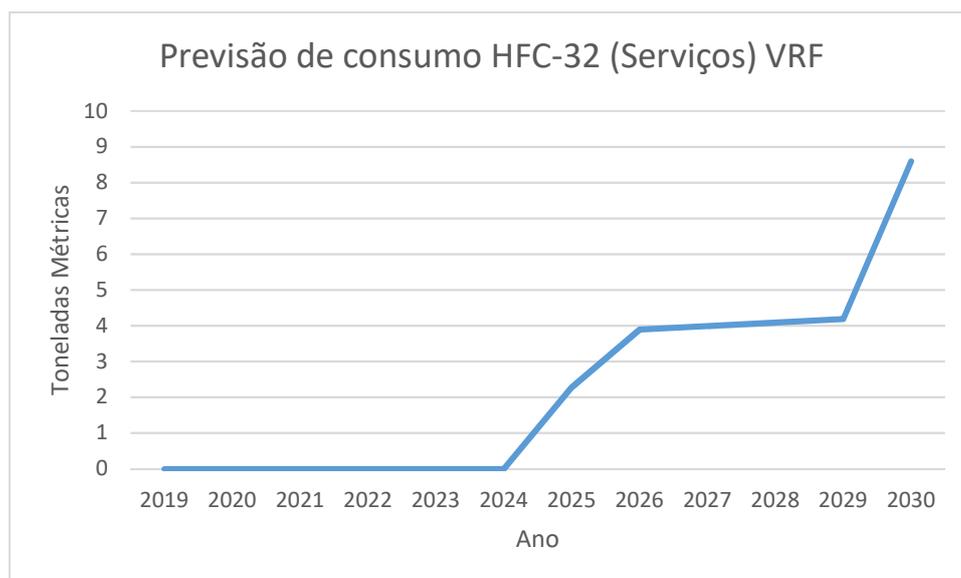
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	68,81
2022	70,53
2023	72,29
2024	74,10
2025	75,95
2026	129,75
2027	132,99
2028	136,32
2029	139,73
2030	143,22

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 86 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 86 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 66 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 66 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

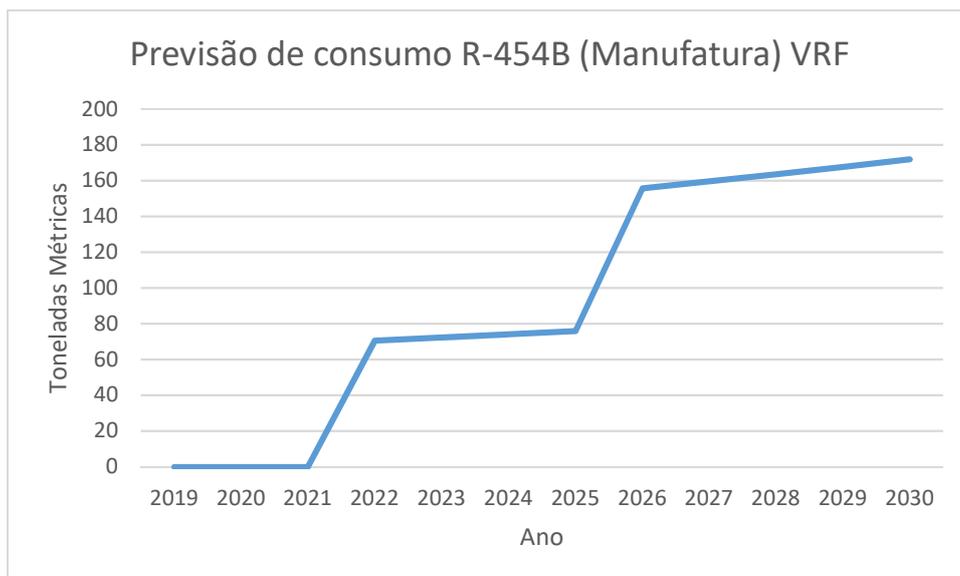
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	2,28
2026	3,89
2027	3,99
2028	4,09
2029	4,19
2030	8,59

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 87 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 87 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 67 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 67 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.

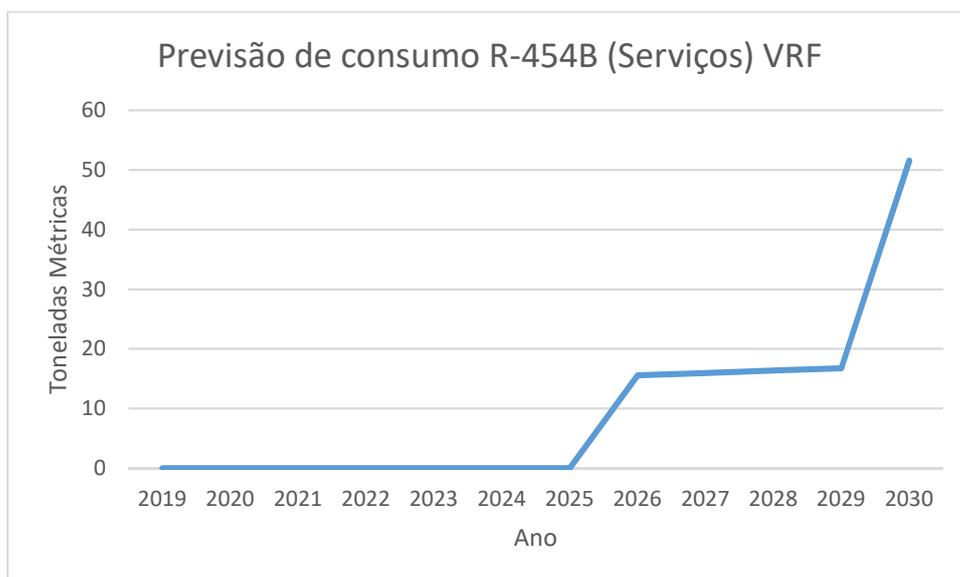
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	70,53
2023	72,29
2024	74,10
2025	75,95
2026	155,70
2027	159,59
2028	163,58
2029	167,67
2030	171,86

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 88 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 88 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 68 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 68 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	15,57
2027	15,96
2028	16,36
2029	16,77
2030	51,56

Fonte: Autor (2019).

9.2.6 Ar condicionado do tipo *Chiller* (Central de água gelada)

O sistema de ar-condicionado do tipo *Chiller* é utilizado em grandes instalações, tais como bancos, galpões, prédios comerciais e corporativos, shoppings, parques de eventos, entre outros.

Este tipo de aparelho tem a sua produção e venda atreladas aos índices da construção civil de ambientes comerciais de grande porte.

O fluido predominante nestes aparelhos, atualmente, são o HFC-134a e o HFC-410A, mas há uma tendência de substituição pelos HC-290 e R-1234yf, no caso do HFC-134a, e pelos HFC-32 e R-454B, no caso do HFC-410A. No entanto, esta tendência só deve se concretizar a partir de 2025, segundo informações da Springer.

O HFC-32 poderá ser responsável pela substituição de 15% dos aparelhos nos próximos cinco anos e de 25% nos anos de 2025 e 2030, seguido pelo R-454B com transição estimada em 10% para os anos de 2022 a 2025 e 30% do volume acumulado entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que esse fluido represente a participação acumulada de 25% entre os anos de 2025 a 2030 e o R-1234yf pela participação de 15% entre 2021 a 2025 e de 25% entre 2026 a 2030. Esses dados foram elaborados com base em entrevistas realizadas com a Chemours e Springer.

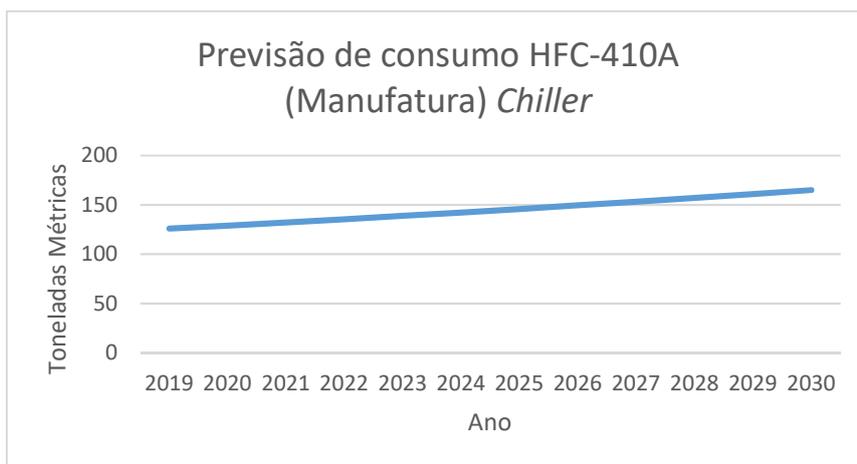
Os dados informados foram obtidos segundo pesquisa realizada junto aos fabricantes e assistências técnicas credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo *chiller* consiste em adotar o perfil de crescimento citado acima, considerando um cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 89 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 89 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 69 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

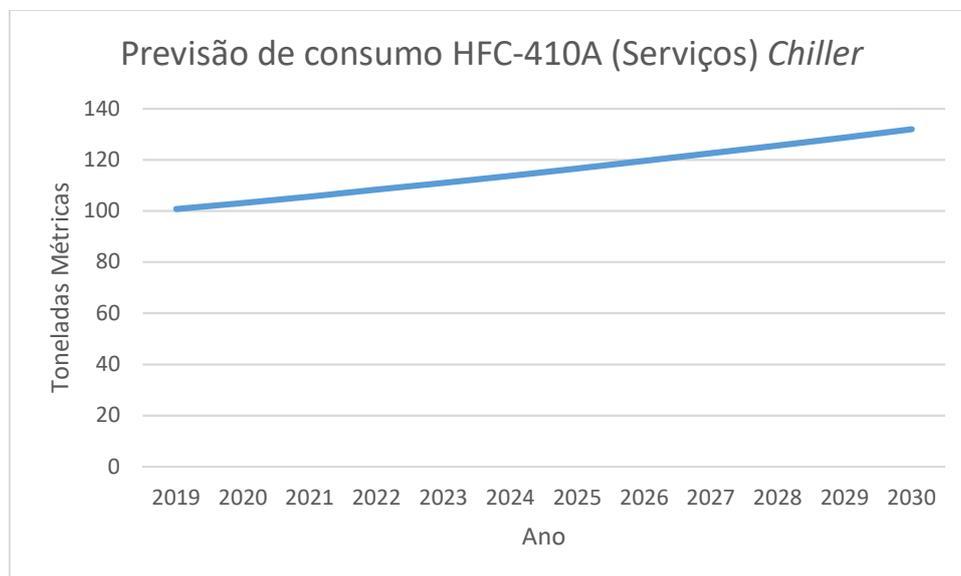
Tabela 69 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	126,00
2020	128,90
2021	132,12
2022	135,42
2023	138,81
2024	142,28
2025	145,84
2026	149,48
2027	153,22
2028	157,05
2029	160,98
2030	165,00

Fonte: Autor (2019).

A figura 90 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 90 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 70 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 70 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

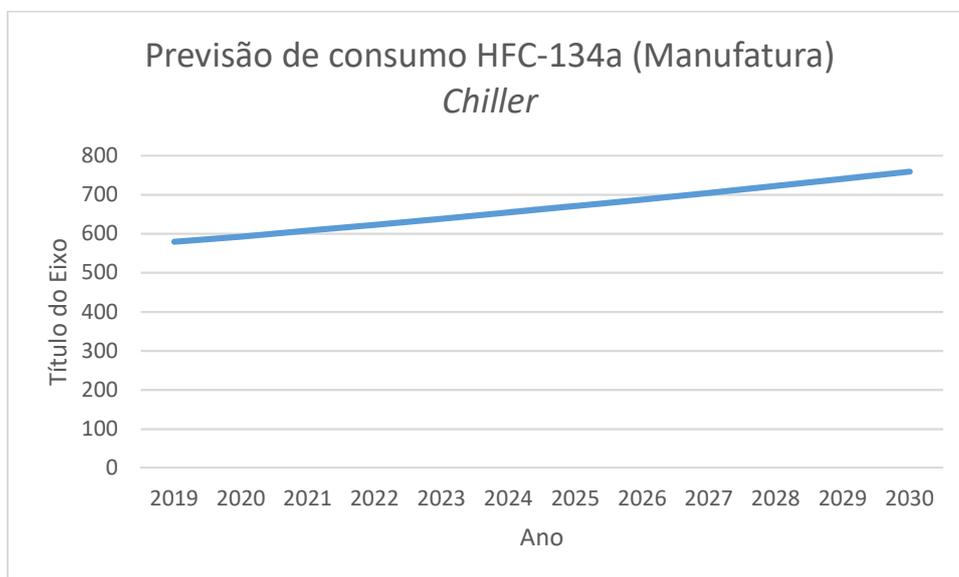
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	100,80
2020	103,12
2021	105,70
2022	108,34
2023	111,05
2024	113,82
2025	116,67
2026	119,59
2027	122,58
2028	125,64
2029	128,78
2030	132,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-134a

A figura 91 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 91 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 71 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

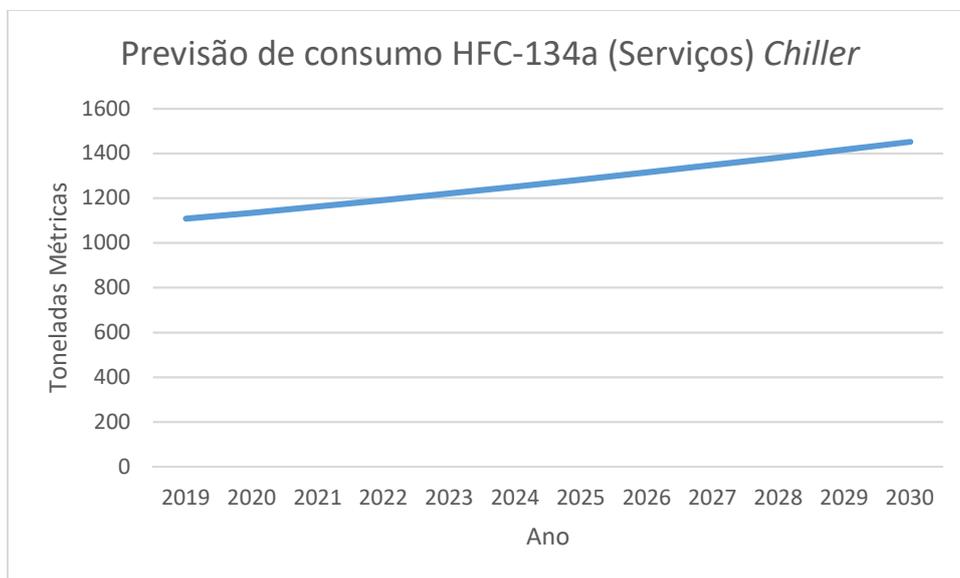
Tabela 71 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	579,60
2020	592,93
2021	607,75
2022	622,95
2023	638,52
2024	654,48
2025	670,85
2026	687,62
2027	704,81
2028	722,43
2029	740,49
2030	759,00

Fonte: Autor (2019).

A figura 92 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 92 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 72 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 72 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

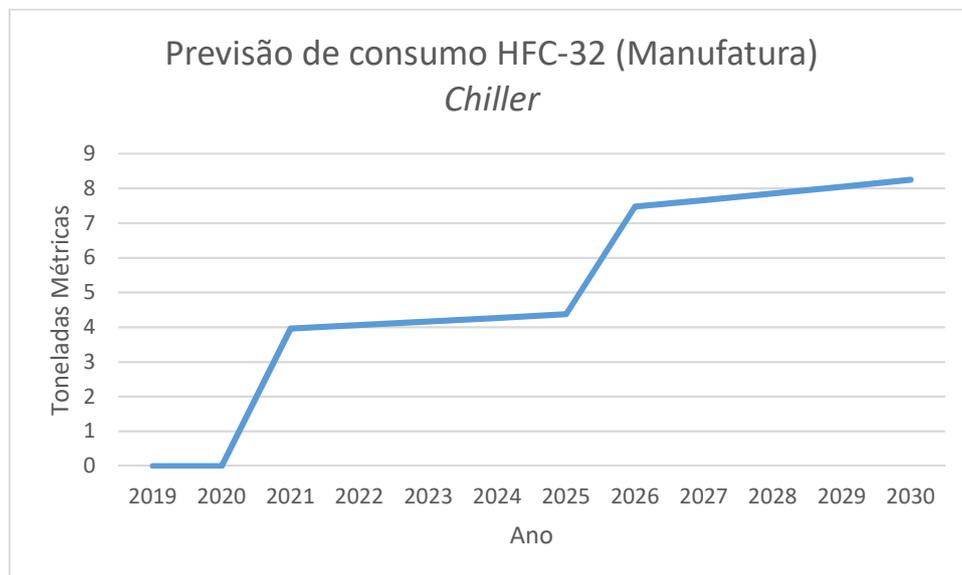
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.108,80
2020	1.134,30
2021	1.162,66
2022	1.191,73
2023	1.221,52
2024	1.252,06
2025	1.283,36
2026	1.315,44
2027	1.348,33
2028	1.382,04
2029	1.416,59
2030	1.452,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 93 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 93 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 73 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 73 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

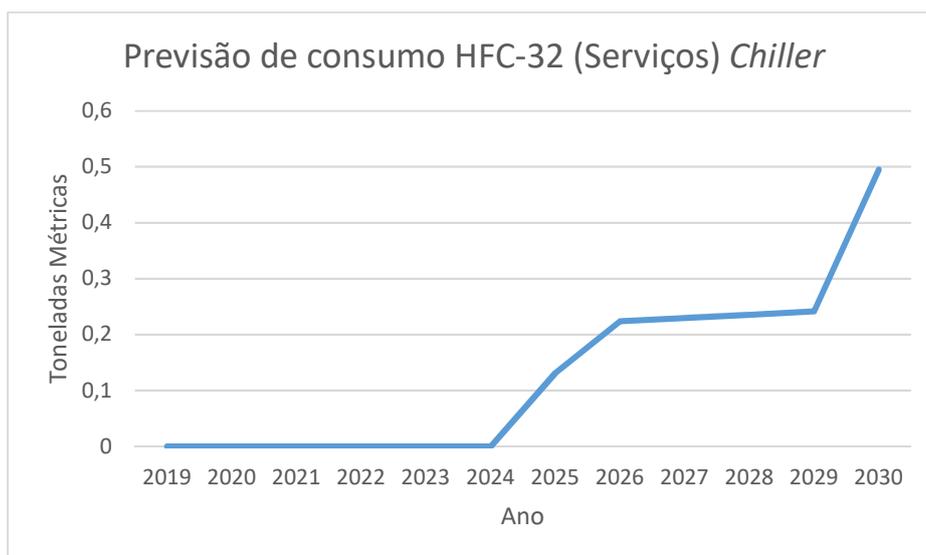
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,000
2021	3,964
2022	4,063
2023	4,164
2024	4,268
2025	4,375
2026	7,474
2027	7,661
2028	7,852
2029	8,049
2030	8,250

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, com aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 94 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 94 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 74 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 74 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

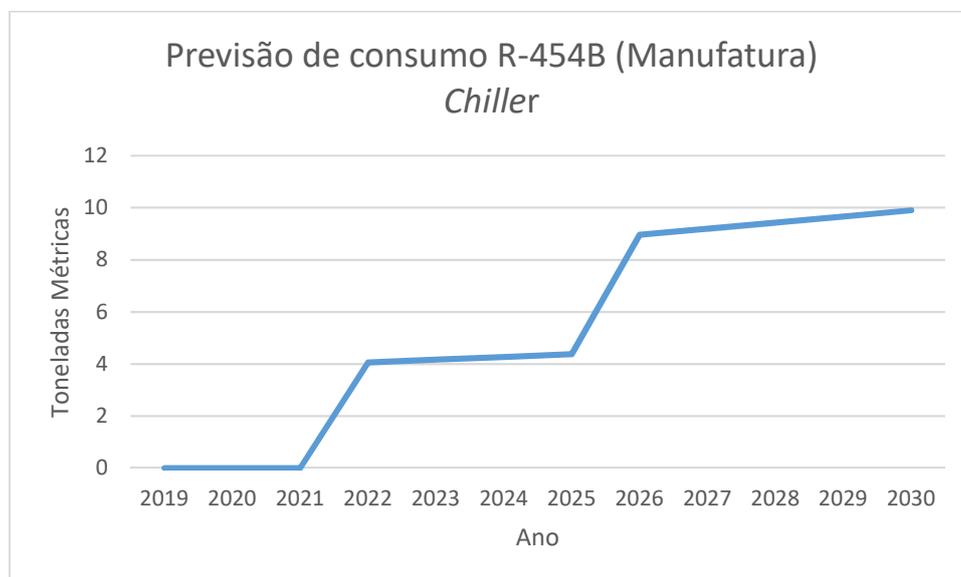
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,13
2026	0,22
2027	0,23
2028	0,24
2029	0,24
2030	0,50

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 95 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 95 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 75 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 75 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

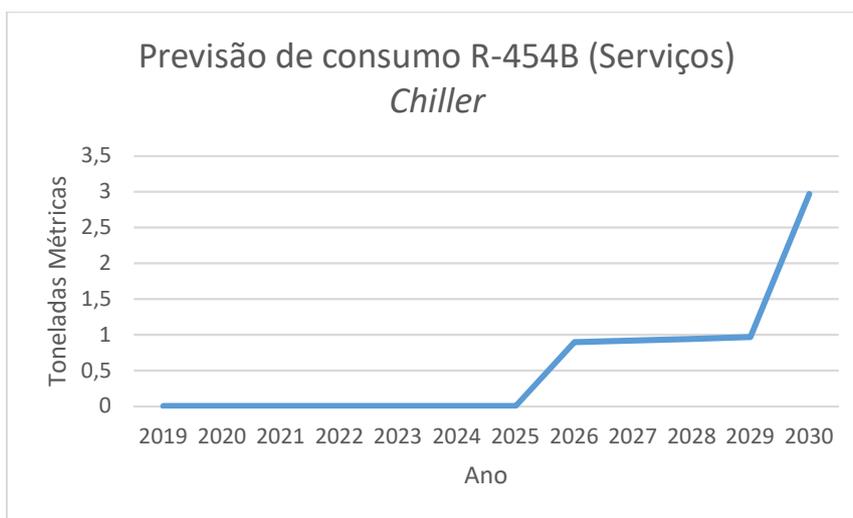
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	4,06
2023	4,16
2024	4,27
2025	4,38
2026	8,97
2027	9,19
2028	9,42
2029	9,66
2030	9,90

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 96 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 96 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 76 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 76 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

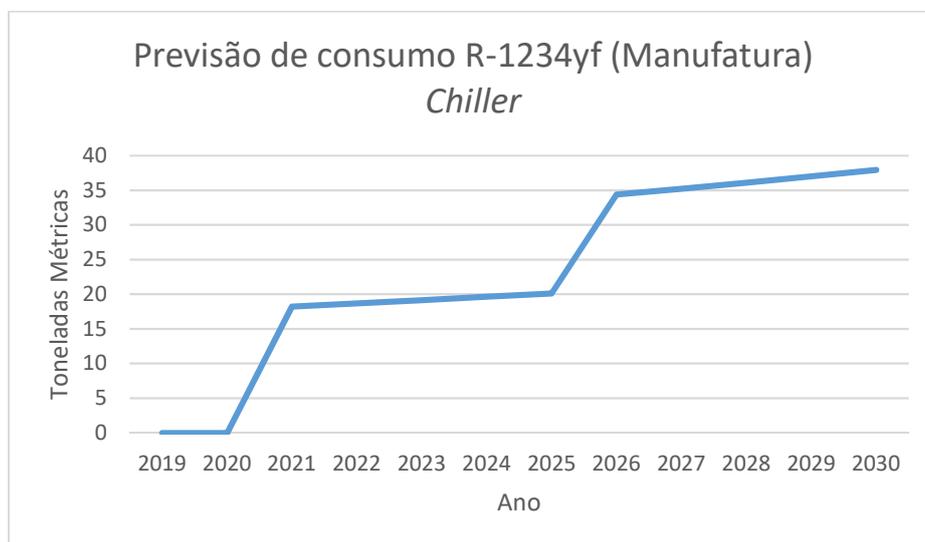
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,90
2027	0,92
2028	0,94
2029	0,97
2030	2,97

Fonte: Autor (2019).

R-1234yf

A figura 97 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 97 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 77 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 77 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

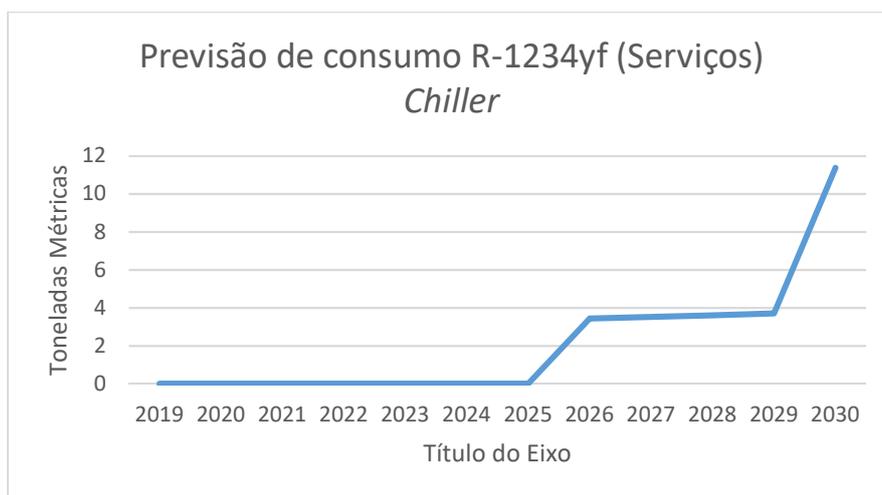
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	18,23
2022	18,69
2023	19,16
2024	19,63
2025	20,13
2026	34,38
2027	35,24
2028	36,12
2029	37,02
2030	37,95

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, com aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 98 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 98 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 78 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 78 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

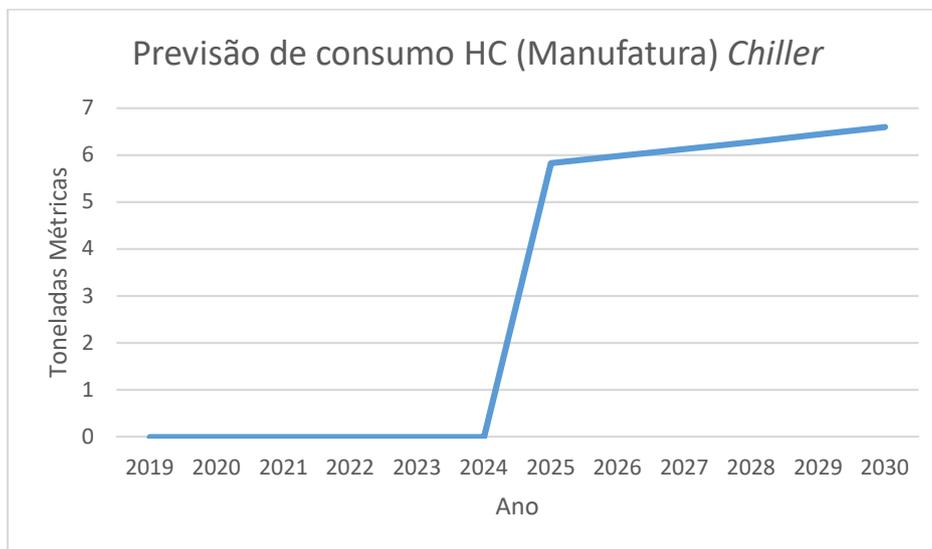
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	3,44
2027	3,52
2028	3,61
2029	3,70
2030	11,39

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 99 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamento de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 99 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 79 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamento de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 79 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

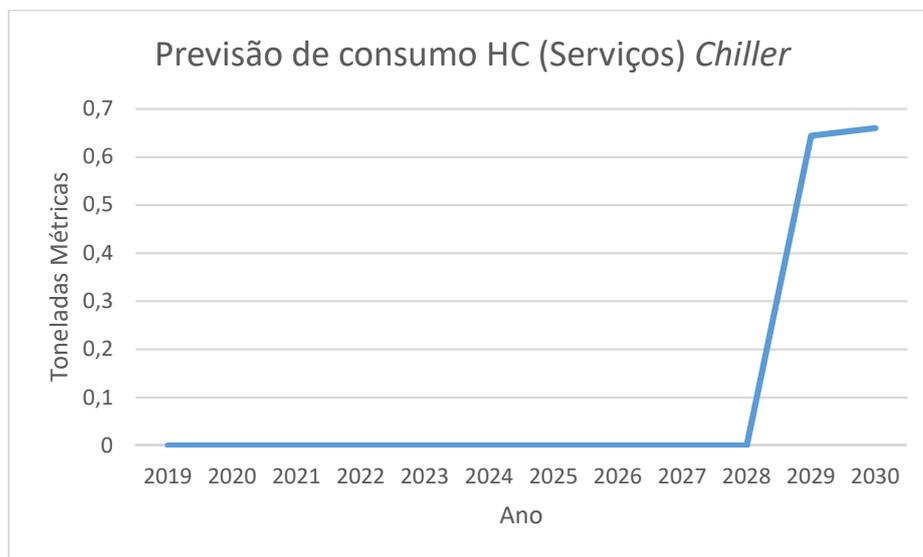
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	5,83
2026	5,98
2027	6,13
2028	6,28
2029	6,44
2030	6,60

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso.

A figura 100 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 100 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 80 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 80 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	0,64
2030	0,66

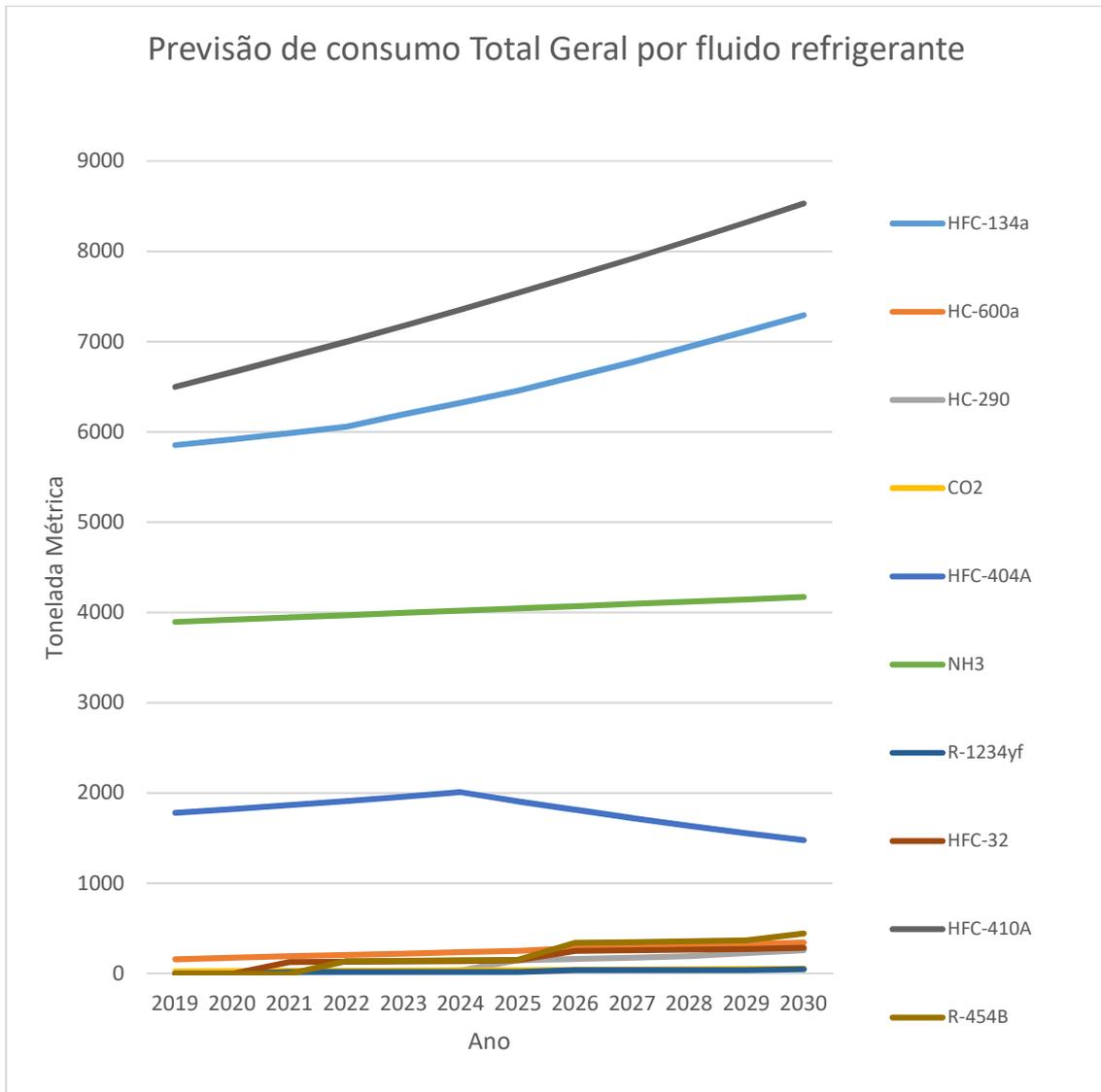
Fonte: Autor (2019).

Consumo total das alternativas às SDOs (até 2030)

A figura 101 mostra o consumo total previsto por tipo de fluido refrigerante alternativo às SDOs, considerando os setores de manufatura e serviços, até 2030.

Nota: O setor automotivo não foi considerado neste trabalho.

Figura 101 – Consumo total geral por fluido refrigerante alternativo às SDOs.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 81 mostra o consumo total previsto por fluido refrigerante, considerando os setores de manufatura e serviços.

Tabela 81 – Consumo total geral por fluido refrigerante alternativo às SDOs.

Previsão de consumo total geral por fluido refrigerante alternativo às SDOs em (T.M.)										
Ano	Fluido refrigerante									
	HFC-134a	HC-600a	HC-290	CO2	HFC-404A	NH3	R-1234yf	HFC-32	HFC-410A	R-454B
2019	5.852,82	159,63	17,49	27,21	1.780,12	3.894,80	0	0	6.498,04	0
2020	5.916,56	175,4	18,54	29,12	1.821,07	3.919,90	0	0	6.662,48	0
2021	5.986,21	193,8	20,12	31,16	1.866,59	3.945,00	18,23	130,28	6.829,02	0
2022	6.058,96	208,24	24,64	33,34	1.913,26	3.970,10	18,69	133,55	6.999,76	140,60
2023	6.196,43	222,66	30,19	35,67	1.961,09	3.995,20	19,16	136,88	7.174,76	144,11
2024	6.321,34	237,18	36,98	38,17	2.010,12	4.020,30	19,63	140,31	7.354,12	147,72
2025	6.456,84	251,67	149,54	40,84	1.909,62	4.045,40	20,13	148,15	7.538,00	151,43
2026	6.614,18	284,02	162,34	43,71	1.814,14	4.070,50	37,82	253,04	7.726,44	341,44
2027	6.772,95	299,08	177,50	46,76	1.723,43	4.095,60	38,76	259,38	7.919,59	349,97
2028	6.942,28	314,13	195,53	50,04	1.637,26	4.120,70	39,73	265,88	8.117,57	358,71
2029	7.115,83	329,24	228,17	53,54	1.555,40	4.145,80	40,72	272,52	8.320,52	367,69
2030	7.293,73	344,46	259,83	57,29	1.477,63	4.170,70	49,34	287,46	8.528,53	445,41

Fonte: Autor (2019).

10. Disponibilidade e preços das alternativas às SDOs identificadas

Os fluidos refrigerantes alternativos às SDOs podem ser encontrados no mercado nacional junto às distribuidoras e lojas de componentes e material de consumo para refrigeração e ar condicionado. A cadeia de fornecimento é apresentada a seguir:

- 1- Importador: os fluidos refrigerantes entram no Brasil por meio de empresas importadoras que adquirem em grande quantidade. Para as substâncias do tipo HFCs ou HFOs, existem NCMs específicas que são controladas pelo Ibama, mas sem a aplicação de medidas restritivas para as quantidades importadas, ou seja, a importação é automaticamente liberada;
- 2- Distribuidor: as empresas distribuidoras adquirem o fluido refrigerante junto aos importadores, e os distribuem para várias lojas de pequeno e médio porte por todo o território nacional;
- 3- Loja de vendas: as lojas de vendas de fluido refrigerante vendem o fluido para o consumidor final ou empresas usuárias, principalmente para o setor de serviços;
- 4- Consumidor final: o consumidor final ou empresas usuárias geralmente adquirem o fluido refrigerante das lojas de vendas, mas dependendo da quantidade a ser adquirida, este fluido pode ser fornecido diretamente pelo importador ou distribuidor.

Das substâncias alternativas às SDOs, algumas destas alternativas ainda não são encontradas com facilidade no mercado nacional, ou não possuem a qualidade desejada. Abaixo seguem as alternativas identificadas e disponibilidades.

HCFC-22: Apesar de não ser uma alternativa às SDOs, o HCFC-22 possui um consumo considerável e pode ser encontrado facilmente no mercado.

HFC-134a: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada facilmente no mercado, devido ao seu tempo de inserção no mercado nacional.

HFC-404A: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada facilmente no mercado, devido ao seu tempo de inserção no mercado nacional.

HFC-407C: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada facilmente no mercado, devido ao seu tempo de inserção no mercado nacional.

HFC-410A: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada facilmente no mercado, devido ao seu tempo de inserção no mercado nacional.

HC-290: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada facilmente no mercado, porém em cilindros descartáveis de pequena capacidade, com média de 370 gramas por cilindros. O Brasil produz hidrocarbonetos, mas o grau de pureza não é satisfatório para o uso na refrigeração e ar condicionado. Desta forma, algumas empresas do setor de manufatura têm optado pela importação a custos relativamente maiores.

HC-600a: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada facilmente no mercado, porém em cilindros descartáveis de pequena capacidade, com média de 370 gramas por cilindros. O Brasil produz hidrocarbonetos, mas o grau de pureza não é satisfatório para o uso na refrigeração e ar condicionado.

R-438A: Esta alternativa às SDOs pode ser encontrada com razoável facilidade no mercado, apesar de já ter um certo tempo de inserção no mercado nacional. A procura pelo R-438A só não é maior, por conta da alta disponibilidade do HCFC-22 no mercado.

R-449A: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, devido ao pouco tempo de inserção e a alta disponibilidade do HCFC-22 no mercado nacional.

R-513A: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, devido ao pouco tempo de inserção e a alta disponibilidade do HFC-134a no mercado nacional.

R-32: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, visto que a sua importação é destinada para fabricação do R-410A, e pela ausência representativa de equipamentos que utilizam o HFC-32 instalados atualmente.

R-744: Esta alternativa às SDOs é encontrada facilmente no mercado nacional, e não possui consumo maior devido ao número de instalações ainda ser baixo comparado com outros fluidos.

R-717: Esta alternativa às SDOs é encontrada facilmente no mercado nacional.

R-1234yf: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, devido aos poucos equipamentos em funcionamento no Brasil com este fluido atualmente, com demanda dedicada para sistema de ar condicionado automotivos.

R-402A: Esta alternativa às SDOs é encontrada facilmente no mercado nacional.

R-402B: Esta alternativa às SDOs é encontrada facilmente no mercado nacional.

R-407A: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, devido ao pouco tempo de inserção no mercado nacional e pela alta disponibilidade do HCFC-22 no mercado nacional.

R-427A: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, devido ao pouco tempo de inserção no mercado nacional e pela alta disponibilidade do HCFC-22 no mercado nacional.

R-454B: Esta alternativa às SDOs não é encontrada facilmente no mercado, devido ao pouco tempo de inserção no mercado nacional.

A tabela 82, mostra os preços médios dos fluidos refrigerantes alternativos às SDOS e do HCFC-22 nos distribuidores e lojas de componentes e material de consumo de refrigeração e ar condicionado.

Tabela 82 – Preço médio dos fluidos refrigerantes.

Substância	Preço médio (R\$) por kg
HCFC-22	R\$ 39,23
HFC-134a	R\$ 45,13
HFC-404A	R\$ 47,11
HFC-407C	R\$ 50,66
HFC-410A	R\$ 54,50
HC-290	R\$ 55,00
HC-600a	R\$ 59,00
R-438A	R\$ 64,25
R-449A	R\$ 53,33
R-513A	R\$ 78,00
R-32	R\$ 70,50
R-744	R\$ 8,50
R-717	R\$ 12,00
R-1234yf	R\$ 57,33
R-402A	R\$ 50,00
R-402B	R\$ 55,00
R-407A	R\$ 38,50
R-427A	R\$ 41,00
R-454B	R\$ 55,00

Fonte: Pesquisa realizada junto aos importadores, distribuidores e lojas de componentes e material de consumo de refrigeração e ar condicionado (2019).

11. Comparação do uso das alternativas às SDOs com as SDOs a serem substituídas

HCFC-22: Esta SDO, a ser substituída, tem boa eficiência energética e uma ampla faixa de aplicações, que vão da baixa temperatura até a média temperatura. Contempla equipamentos como racks de supermercados, câmaras frigoríficas, aparelhos de ar condicionado, chillers, entre outros. Possui um GWP (Potencial de Aquecimento Global) de 1810.

HFC-134a: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, sendo utilizada em refrigeradores, *freezers*, bebedouros, *chillers*, sistemas de ar condicionado veicular, *rack* de supermercados de média temperatura. Possui um GWP de 1430.

HFC-404A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, sendo utilizada em câmaras frigoríficas, ilhas e expositores de congelados, *racks* de supermercados de baixa temperatura, entre outros. Possui um GWP de 3922. Este fluido começou a ser utilizado com o intuito de substituir o R-502, e tem composição de HFC-134a (4%) / HFC-125 (44%) / HFC-143a (52%), que pode ficar desbalanceada no caso de vazamentos reduzindo a eficiência do sistema.

HFC-407C: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, sendo utilizada em sistemas de ar condicionado com comportamento muito semelhante ao HCFC-22, não sendo recomendada para aplicações de baixa temperatura, pois sua eficiência fica comprometida. Possui um GWP de 1774. Sua composição é de HFC-134a (52%) / HFC-125 (25%) / HFC-32 (23%), que pode ficar desbalanceada no caso de vazamentos reduzindo a eficiência do sistema.

HFC-410A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, sendo utilizada em sistemas de ar condicionado com boa eficiência neste tipo de aplicação, não sendo recomendada para aplicações de baixa temperatura. Possui um GWP de 2088. Sua composição é de HFC-125 (50%) / HFC-32 (50%).

HC-290: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, podendo ser utilizada em sistemas *stand alone*, como ilhas e expositores comerciais, e sistemas de ar condicionado, como *splits* e *chillers*. Este fluido possui um GWP de 3.

HC-600a: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, podendo ser utilizada em refrigeradores e *freezers*. Possui um GWP de 5.

R-438A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, sendo utilizada em sistemas de congelados e de ar condicionado ou como *retrofit* do HCFC-22. Possui um GWP de 2264.

R-449A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, sendo utilizada em sistemas de congelados e de ar condicionado, podendo ser utilizado em novos equipamentos e também para o *retrofit* do HCFC-22. Possui um GWP de 1397.

R-513A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, sendo utilizada em sistemas de ar condicionado, podendo ser utilizada em novos equipamentos e para *retrofit* do HFC-134a. Possui um GWP de 631.

R-32: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, sendo utilizada em sistemas de ar condicionado e em novos equipamentos. Possui um GWP de 675.

R-744: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa temperatura, sendo utilizada em sistemas de refrigeração, como racks de supermercados, em novas instalações. Possui um GWP de 1.

R-717: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações em baixa temperatura, sendo utilizada em sistemas de refrigeração industrial de alimentos e processos. Possui um GWP de 0.

R-1234yf: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, sendo utilizada em sistemas novos de ar condicionado veicular. Possui um GWP de 4.

R-402A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, sendo utilizada para sistemas de congelados e de resfriados, podendo ser utilizada em novos equipamentos ou para *retrofit* do R-502. Possui um GWP de 2788.

R-402B: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa e média temperaturas, sendo utilizada em sistemas de congelados e de resfriados, podendo ser utilizada em novos equipamentos ou para *retrofit* do R-502. Possui um GWP de 2416.

R-407A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de baixa temperatura, atendendo aplicações comerciais e industriais, como câmaras frigoríficas, fabricantes de gelo, entre outros, podendo ser utilizada em novos equipamentos ou para *retrofit* do HCFC-22. Possui um GWP de 2107.

R-427A: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, atendendo aplicações de ar condicionado e bombas de calor, podendo ser utilizada para *retrofit* do HCFC-22. Possui um GWP de 2138.

R-454B: Esta alternativa às SDOs é indicada para aplicações de média temperatura, atendendo aplicações de ar condicionado e bombas de calor, podendo ser utilizada para *retrofit* do HCFC-22. Possui um GWP de 466.

A tabela 83, mostra os valores de GWP e classificação de segurança dos fluidos refrigerantes.

Tabela 83 - Valores de GWP e classificação de segurança dos fluidos refrigerantes.

Substância	GWP	Classificação de segurança	Substância substituída	Uso em equipamentos
HFC-134a	1430	A1	-	Novos
HFC-404A	3922	A1	R-502	Novos e retrofit
HFC-407C	1774	A1	HCFC-22	Novos e retrofit
HFC-410A	2088	A1	HCFC-22	Novos
HC-290	3	A3	-	Novos
HC-600a	5	A3	-	Novos
R-438A	2264	A1	HCFC-22	Retrofit
R-449A	1397	A1	HFC-404A e R-507	Novos e retrofit
R-513A	631	A1	HFC-134a	Novos e retrofit
HFC-32	675	A2L	-	Novos
R-744	1	A1	-	Novos
R-717	0	B2L	-	Novos
R-1234yf	4	A2L	-	Novos
R-402A	2788	A1	R-502	Novos e retrofit
R-402B	2416	A1	R-502	Novos e retrofit
R-407A	2107	A1	HFC-404A e R-507	Novos e retrofit
R-427A	2138	A1	HCFC-22	Retrofit
R-454B	466	A2L	HFC-410A	Novos

Fonte: Norma Ashrae, capítulo 34.

12. Oportunidades e desafios enfrentados no uso e na adoção de alternativas às SDOs de baixo GWP

CO₂

A vantagem do CO₂ é ter um menor custo quando comparado a outros fluidos, seguida pela boa eficiência energética e valor de GWP igual a um. A dificuldade encontrada atualmente para a seleção deste fluido é principalmente a mão de obra qualificada, visto que a operação e manutenção exigem um melhor nível de conhecimento técnico, por se tratar de um sistema complexo, tanto na parte do sistema mecânico quanto elétrico-eletrônico, por conta dos componentes de controles de pressão e temperatura, principalmente na linha de alta pressão.

Quanto aos custos, os sistemas de CO₂ custam em média 15% acima dos sistemas tradicionais, mas esse valor poderá ser reduzido no futuro com o aumento da demanda. No entanto, por conta da falta de mão de obra qualificada, o crescimento da demanda por sistemas CO₂ fica prejudicado, visto que o cliente encontra dificuldade para obter a devida manutenção, tanto preventiva quanto corretiva no caso de quebra.

Quanto às aplicações e tipos de sistemas, o CO₂ vem sendo utilizado em sistemas subcríticos com configuração do tipo cascata e também em sistemas *transcríticos* com uso de ejetores. Empresas como Eletrofrio estão desenvolvendo sistemas do tipo

transcrítico, que é mais barato do que o sistema subcrítico, com uso de ejetores para climas quentes, podendo num futuro próximo atender às demandas de supermercados e centros de distribuição com este sistema.

Solução proposta:

- Treinamentos voltados para o uso seguro deste fluido.

HFC-32

A vantagem deste fluido é ter um menor valor de GWP quando comparado ao HCFC-22 e HFC-410A, seguida pela boa eficiência energética e necessidade de menor carga de fluido refrigerante. A dificuldade encontrada atualmente para manuseio deste fluido é a sua inflamabilidade, pois mesmo não sendo altamente inflamável, apresenta inflamabilidade e riscos de incêndios se não for manuseado de maneira correta, sendo necessária mão de obra qualificada para projeto, instalação e manutenção de sistemas com este fluido.

Quanto às aplicações, o HFC-32 é indicado para sistemas de ar condicionado, podendo ser usado em equipamentos de ar condicionado do tipo janela, split, selfs, VRFs e *chillers*.

Solução proposta:

- Treinamentos voltados para o uso seguro deste fluido.

R-454B

A vantagem deste fluido é ter uma boa eficiência energética. A dificuldade encontrada atualmente para a seleção deste fluido é o seu custo, que é maior do que o HCFC-22 e o HFC-410A. Entretanto, com o aumento da demanda por este fluido, poderá haver uma redução do valor, ficando com uma melhor viabilidade econômica.

Quanto às aplicações, o R-454B é indicado para sistemas de ar condicionado do tipo janela, split, selfs, VRFs e *chillers*.

HCs

A vantagem deste fluido é ter um GWP próximo de zero, seguido pela boa eficiência energética e necessidade de menor carga de fluido refrigerante. A dificuldade encontrada atualmente para o seu uso deve-se à alta inflamabilidade, apresentando riscos de incêndio se não for manuseado de maneira correta, sendo necessária mão de obra qualificada para projeto, instalação e manutenção de sistemas com este fluido.

As aplicações dos HCs são diversas, podendo atender variados tipos de equipamentos do setor de refrigeração e ar condicionado, desde que adotados os devidos cuidados de segurança para os técnicos, operadores e usuários dos sistemas.

Soluções propostas:

- Treinamentos voltados para o uso seguro dos fluidos HC-290 e HC-600a;
- Criação e revisão das normas técnicas referentes às quantidades máximas admitidas em sistemas autônomos. Destaca-se que no âmbito da ABNT/CB-055 (Comitê Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento) e sob a responsabilidade da Abrava (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento), vem sendo conduzido os trabalhos de tradução da norma “ISO 5149: Sistemas de refrigeração e bombas de calor - segurança e requisitos ambientais”. O objetivo da norma é promover a segurança no projeto, na construção, no descarte, na instalação e na operação de sistemas de refrigeração. É direcionada para a segurança de pessoas e propriedades onde as instalações de refrigeração estão localizadas, incluindo as especificações para a fabricação de sistemas estanques.

NH₃

A vantagem deste fluido é ter um menor custo, seguido pela boa eficiência energética e valor de GWP igual a zero. A dificuldade da amônia é que mesmo sendo um fluido consolidado na refrigeração industrial demanda qualificação técnica e maior exigência ao contratar empresas de instalação e manutenção, visto que muitas empresas, principalmente as de médio e pequeno porte na área de instalação e manutenção, não têm a devida qualificação técnica para manuseio deste fluido. Este fato é observado em sistema com amônia fora das grandes indústrias, tais como pequenas e médias empresas de alimentos, como aviários e laticínios, que não contratam os fabricantes para realizarem as manutenções e sim contratam empresas sem qualificação técnica necessária para realizar as manutenções.

Quanto às aplicações da amônia, atende os setores industriais de refrigeração e ar condicionado para processos e alimentos.

Solução proposta:

- Treinamentos voltados para o uso seguro deste fluido;
- Utilização de chillers de amônia, em sistema cascata com CO₂ (congelados) e glicol (resfriados), para a redução da carga de amônia.

13. Revisão e acréscimos de normas técnicas

Quanto aos fluidos inflamáveis, as normas apresentadas a seguir deveriam ser atualizadas, visto que o limite de carga para fluido inflamável sofreu alteração de 150 gramas para 500 gramas de acordo com a norma IEC 60335-2-89. O HFC-32 vem sendo muito cotado para entrar no setor de ar condicionado de forma mais representativa nos próximos 10 anos, o HC-600a vem sendo bastante utilizado na refrigeração doméstica e o HC-290 vem sendo utilizado na refrigeração comercial, tendo uma forte tendência de aumento de seu consumo nos próximos 10 anos.

Na norma ABNT NBR 16666:2018 (Fluidos frigoríficos — Designação e classificação de segurança), deveria se acrescentar a carga máxima de 500 gramas de HC para sistemas

comerciais, conforme a norma IEC 60335-2-89, com as devidas observações de segurança em projeto, instalação, manutenção e operação.

Na norma ABNT NBR 16655-1:2018 (Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado - Split e compacto “Projeto e instalação”), deveria se acrescentar procedimentos de segurança a respeito de sistemas com carga de fluido de baixa e alta inflamabilidade, tais como os fluidos HFC-32 e HC, abrangendo questões relacionadas ao tamanho do ambiente versus quantidade máxima de carga de fluido refrigerante do aparelho de ar condicionado.

Na norma ABNT NBR 16655-2:2018 (Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado - Split e compacto “Procedimento para ensaio de estanqueidade, desidratação e carga de fluido frigorífico”), deveria se acrescentar procedimentos de segurança a respeito da carga de fluido refrigerante com baixa e alta inflamabilidade em aparelhos de ar condicionado.

Na norma ABNT NBR 16255:2013 (Sistemas de refrigeração para supermercados — Diretrizes para o projeto, instalação e operação), deveria se acrescentar procedimentos de segurança a respeito de sistemas com carga de fluido inflamável, abrangendo questões relacionadas à localização e ventilação da casa de máquinas e operação segura no procedimento de carga de fluido.

Cabe destacar a importância de se elaborar uma norma que trate especificamente dos fluidos inflamáveis, abrangendo fabricantes, instaladores e mantenedores. Neste sentido, destaca-se que a Comissão de Estudos de Sistemas de Refrigeração Comercial e Industrial, no âmbito da ABNT/CB-055 (Comitê Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento) que sob a responsabilidade da Abrava (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento), vem conduzindo os trabalhos de tradução da norma “ISO 5149: Sistemas de refrigeração e bombas de calor - segurança e requisitos ambientais”. O objetivo da norma é promover a segurança no projeto, na construção, no descarte, na instalação e na operação de sistemas de refrigeração. É direcionada para a segurança de pessoas e propriedades onde as instalações de refrigeração estão localizadas, incluindo as especificações para a fabricação de sistemas estanques. A norma contempla: a) sistemas de refrigeração, estacionários ou móveis, de todas as dimensões, inclusive as bombas de calor; b) refrigeração do sistema secundário ou sistemas de aquecimento; c) a localização dos sistemas de refrigeração; d) peças substituídas e componentes adicionado.

A futura norma ABNT NBR ISO 5149 será composta de quatro partes. Os trabalhos de tradução encontram-se concluídos para as partes 1 e 3. No momento, a parte 2 vem sendo traduzida. Abaixo segue um breve resumo a respeito do conteúdo da norma:

Parte 1: Definições, classificação e critérios de seleção. Especifica os requisitos para a segurança das pessoas e bens, fornece orientação para a proteção do meio ambiente, estabelecendo procedimentos para a operação, manutenção e reparo de sistemas e a recuperação de fluidos frigoríficos. Esta parte contempla a utilização de todos os tipos de fluidos refrigerantes, incluídas as substâncias alternativas às SDOs. O Anexo A especifica os limites para a quantidade de carga de fluido frigorífico permitida nos sistemas em vários locais e classes de ocupação. O Anexo B especifica os critérios de segurança e

considerações ambientais de diferentes fluidos frigoríficos utilizados nos sistemas de refrigeração e de ar condicionado.

Parte 2: Projeto, construção, ensaios, identificação e documentação. É aplicável ao projeto, construção e instalação de sistemas de refrigeração, incluindo tubulação, componentes, materiais e equipamentos auxiliares diretamente associados a estes sistemas, que não são cobertos nas normas ISO 5149-1, ISO 5149-3 ou ISO 5149-4. Também especifica os requisitos para ensaios testes, comissionamento, marcação identificação e documentação.

Parte 3: Local de instalação. É aplicável para o local de instalação (espaço da planta e serviços). Especifica os requisitos para a segurança do local, que podem ser necessários devido ao sistema de refrigeração e seus componentes auxiliares, assim como os não diretamente conectados a eles.

Parte 4: Operação, manutenção, reparo e recuperação. Especifica os requisitos de segurança e aspectos ambientais em relação à operação, manutenção e reparos de sistema de refrigeração, bem como a recuperação, reutilização e destinação de todos os tipos de fluidos frigoríficos, óleos, fluidos de transferência. Esses requisitos destinam-se a minimizar os riscos de ferimentos de pessoas e danos à propriedade e ao meio ambiente resultantes do manuseio inadequado dos refrigerantes ou de contaminantes.

14. Vínculo dos fluidos alternativos às SDOs com o PBH

O consumo brasileiro de HCFC-22 no ano de 2010 foi de 14,4 mil toneladas métricas e em 2018 foi de 8,8 mil toneladas métricas, sendo que em 2018 praticamente 100% deste fluido foi utilizado para o setor de serviços, visto que grande parte dos fabricantes de sistemas de refrigeração e ar condicionado não o utilizam mais.

No caso das empresas fabricantes de aparelhos de ar condicionado, a eliminação do HCFC-22 na manufatura ocorreu por iniciativa das próprias empresas, que optaram pela utilização do HFC-410A face ao cenário de eliminação do HCFC-22, estabelecido pelo Governo brasileiro por meio do PBH e pelas Instruções Normativas do Ibama (IN IBAMA nº 14, de 20 de dezembro de 2012, e IN IBAMA nº 04, de 14 de fevereiro de 2018). Essa normativas definiram uma redução de 6,51% na cota específica para o HCFC-22 para 2015 e uma redução de 27,1% para 2021.

A redução no consumo do HCFC-22 auxiliada pelo PBH tem ocorrido por meio de projetos para o setor de serviços e de conversão tecnológica. Os projetos para o setor de serviços têm como foco a capacitação e o treinamento de técnicos de refrigeração para a aplicação das boas práticas de instalação, manutenção e reparo de sistemas de refrigeração e ar condicionado. Já os projetos de conversão tecnológica têm como foco os fabricantes de equipamentos de refrigeração comercial, tais como balcões expositores, chopeiras, *freezers* comerciais, unidades condensadoras, entre outros, além do desenvolvimento de projeto demonstrativo para sistemas de refrigeração de supermercados. Na maioria dos casos, o fluido escolhido tem sido o R-290.

HFC-134a

O HFC-134a tinha seu consumo em 5,8 mil toneladas métricas em 2010 e 9,3 mil toneladas métricas em 2018. Este aumento foi devido à fabricação de novos sistemas de racks de supermercados, especialmente de câmaras frigoríficas que antes utilizavam o HCFC-22 e passaram a usar o HFC-134a.

HFC-410A

O HFC-410A teve seu consumo saindo de 0,8 mil toneladas métricas em 2012 para 7 mil toneladas métricas em 2018, devido ao seu uso no setor de ar condicionado do tipo de janela, split, VRF, *rooftop*, *self contained e chiller*, especialmente por conta da redução do uso do HCFC-22 nestes setores.

HFC-404A

O HFC-404A teve consumo médio em torno de 1,6 mil toneladas métricas entre os anos de 2016 a 2018, mantendo esta média devido à disponibilidade do HCFC-22 ainda no mercado.

CO₂

O CO₂ teve seu consumo saindo de 0,5 tonelada métricas em 2010 para 27 toneladas métricas em 2018, devido ao seu uso no setor de supermercados e centros de distribuição. Com a redução do consumo do HCFC-22, o CO₂ entrou como alternativa de longo prazo no setor supermercadista.

HC-290

O HC-290 teve seu consumo em 18 toneladas em 2018, devido principalmente aos equipamentos individuais de refrigeração comercial, tais como ilhas, balcões e expositores de pequeno porte. Uma mudança massiva nos equipamentos do tipo plug-in para o setor de supermercados é esperada, assim como uma parcela dos *racks* de supermercados. No caso do setor de ar condicionado, é esperada uma mudança mais conservadora. Um ponto importante levantado junto ao setor de serviços é a falta de preparo técnico para lidar com este fluido.

O PBH, por meio do Projeto RAC, que é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e conta com o apoio da UNIDO (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial), vem desenvolvendo ações que visam auxiliar tecnicamente e financeiramente empresas do setor de manufatura de equipamentos de refrigeração e ar condicionado na migração para novas soluções tecnológicas com a finalidade de promover a eliminação do consumo do HCFC-22. Como pré-requisito para a execução dos projetos, os fluidos escolhidos devem apresentar valor de PDO igual a zero e baixo impacto para o sistema climático global. Em virtude disso, o fluido HC-290 foi escolhido como solução tecnológica promissora e passou a fazer parte da cesta de fluidos frigoríficos, o que pôde ser constatado pela verificação dos projetos executados até o momento.

Destaca-se neste rol o projeto executado com a empresa Eletrofrío, considerada a maior fabricante de equipamentos para a refrigeração comercial, tais como expositores de congelados e resfriados e casas de máquinas. A parceria do PBH com a Eletrofrío produziu o primeiro sistema em cascata para supermercados com R-290 no sistema primário, tendo a solução sido aplicada em um supermercado da Rede Condor, em

Curitiba/PR. O sistema é considerado muito seguro, uma vez que o propano fica restrito à casa de máquina, que é dotada de sistema de segurança composto por sensores, alarmes e ventilação de exaustão. A Eletrofrio publicará os resultados do projeto para demonstrar a viabilidade técnica-econômica da solução aplicada. Com o sucesso desse sistema, o PBH vislumbra que essa solução possa ser aplicada em outros supermercados.

Outra solução que merece destaque é a tecnologia desenvolvida para a fabricação de chopeiras com o propano. O trabalho foi executado pela Universidade de Uberlândia em parceria com as empresas Citti e Memo. Os resultados são bastante satisfatórios, uma vez que a carga de fluido foi reduzida drasticamente para menos de 8% quando considerado um sistema similar com HCFC-22.

Outras empresas que fabricam expositores e freezers para a linha comercial vêm sendo apoiadas pelo Projeto RAC para a utilização do fluido HC-290.

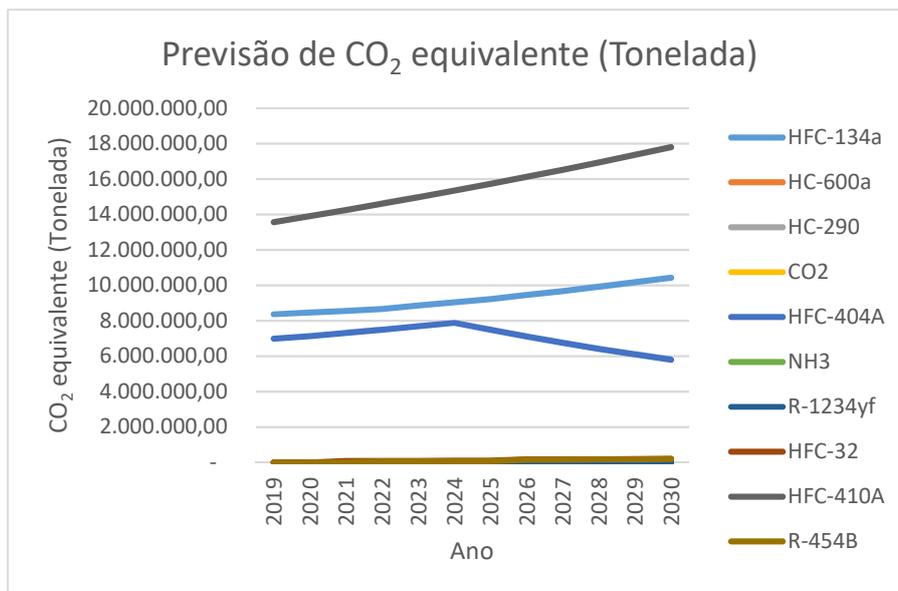
15. Descrição do impacto das substâncias alternativas às SDOs ao meio ambiente

Se for considerado um vazamento de fluido refrigerante de 100% ao ano, e relacionando os valores de GWP de cada fluido refrigerante, serão encontrados os valores apresentados na figura 102 e tabela 84, no intervalo de 2019 a 2030.

Nos dados apresentados, é possível verificar que o HFC-410A e HFC-134a apresentam as maiores contribuições para o aquecimento global, devido aos altos valores de GWP e também pelas grandes quantidades consumidas. Já o HFC-404A, mesmo não tendo um consumo tão relevante quando comparado aos HFC-410A e HFC-134a, apresenta alto impacto ao sistema climático global, devido ao HFC-404A ter o mais alto valor de GWP entre os fluidos alternativos às SDOs, sendo de 3922.

Já os fluidos naturais apresentam valores desprezíveis de impacto ao meio ambiente. No caso do fluido refrigerante natural ‘amônia’, este não apresentou nenhum impacto, mesmo considerando seu alto consumo, pois o GWP da amônia é zero, não representando riscos para o aquecimento global.

Figura 102 – Previsão de CO₂ equivalente total geral por fluido refrigerante em toneladas.



Fonte: Autor (2019).

Tabela 84 – Previsão de CO2 equivalente total geral por fluido refrigerante em toneladas.

Previsão de CO ₂ equivalente total geral por fluido refrigerante (Tonelada)										
Ano	Fluido refrigerante									
	HFC-134a	HC-600a	HC-290	CO2	HFC-404A	NH3	R-1234yf	HFC-32	HFC-410A	R-454B
2019	8.369.532,60	798,15	52,47	27,21	6.981.630,64	-	-	-	13.567.907,52	-
2020	8.460.680,80	877,00	55,62	29,12	7.142.236,54	-	-	-	13.911.258,24	-
2021	8.560.280,30	969,00	60,36	31,16	7.320.765,98	-	72,92	87.939,00	14.258.993,76	-
2022	8.664.312,80	1.041,20	73,92	33,34	7.503.805,72	-	72.276,00	90.146,25	14.615.498,88	65.519,60
2023	8.860.894,90	1.113,30	90,57	35,67	7.691.394,98	-	76,64	92.394,00	14.980.898,88	67.155,26
2024	9.039.516,20	1.185,90	110,94	38,17	7.883.690,64	-	78,52	94.709,25	15.355.402,56	68.837,52
2025	9.233.281,20	1.258,35	148,62	40,84	7.489.529,64	-	80,52	100.001,25	15.739.344,00	70.566,38
2026	9.458.277,40	1.420,10	187,02	43,71	7.115.057,08	-	151,28	170.802,00	16.132.806,72	159.111,04
2027	9.685.318,50	1.495,40	232,50	46,76	6.759.292,46	-	155,04	175.081,50	16.536.103,92	163.086,02
2028	9.927.460,40	1.570,65	286,59	50,04	6.421.333,72	-	158,92	179.469,00	16.949.486,16	167.158,86
2029	10.175.636,90	1.646,20	348,51	53,54	6.100.278,80	-	162,88	183.951,00	17.373.245,76	171.343,54
2030	10.430.033,90	1.722,30	419,49	57,29	5.795.264,86	-	197,36	194.035,50	17.807.570,64	207.561,06

Fonte: Autor (2019).

16. Conclusões e recomendações

16.1 Conclusões

Empresas multinacionais que realizaram conversão de suas fábricas e utilizam atualmente fluidos alternativos às SDOs com alto GWP, como é o caso do HFC-410A, não demonstram interesse na migração para alternativas de baixo GWP no curto prazo, devido aos investimentos recentemente realizados em suas fábricas.

Com a redução do consumo do HCFC-22, espera-se no curto prazo um aumento considerável na utilização de substâncias alternativas às SDOs, tais como do HFC-410A, no setor de ar condicionado, e do HFC-404A, na refrigeração comercial. No médio e longo prazo, é esperada uma transição dos HFCs de alto GWP para HFCs e HFOs de baixo GWP.

Para equipamentos que necessitem de baixa carga de fluido refrigerante, como é o caso dos refrigeradores e freezers novos, a transição de fluidos de alto GWP para HCs encontra-se bastante consolidada.

Os fluidos como o HC-600a, HC-290, HFC-32 e R-1234yf têm uma tendência de aumento de consumo para os novos aparelhos nos próximos anos. Isto exige uma mudança no setor fabril, com incremento de componentes e medidas de segurança para todo o processo de fabricação destes aparelhos. Já o setor de serviços ainda se mostra bastante despreparado para lidar com os fluidos inflamáveis.

No setor de refrigeração industrial, apesar de ser um setor bem consolidado, muitas empresas de pequeno e médio porte que utilizam sistemas de amônia para a produção, contratam mão de obra desqualificada para manutenção do sistema. Isto é um grande problema, visto a necessidade de se ter um bom nível de conhecimentos técnicos e de segurança para se evitar acidentes.

As tabelas do anexo 1 e 2 do Anexo Técnico do Termo de Referência, apresentadas no capítulo 7.3 deste produto, refletem a utilização de substâncias alternativas às SDOs para os setores de manufatura e serviços de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, nas quais é possível verificar as tendências de consumo por tipo de substância ou setor. Observa-se um aumento no consumo de HFC-410A saindo de 2.836,59 toneladas métricas em 2012 para 7.043,83 em 2018. É possível observar um aumento do uso do HC-600a saindo de 27,65 toneladas métricas em 2012 para 247,16 em 2018. No caso do HFC-407C, este não demonstra tendência de crescimento devido ao seu uso ser principalmente para retrofits em sistemas de ar condicionado, não sendo usado em equipamentos novos. Já no caso do HFC-134a, o consumo se manteve praticamente estável, sendo de 8.054,3 toneladas métricas em 2012 e de 9.347,45 em 2018. Para o CO₂ houve um crescimento no consumo de 18 toneladas métricas em 2012 para 27 toneladas métricas em 2018, devido as novas instalações de sistemas de refrigeração, principalmente em supermercados.

16.2 Recomendações

Diante dos desafios que existem em face da Emenda de Kigali, que torna obrigatória a redução do consumo de HFCs, faz necessário preparar uma estratégia nacional para a eliminação gradual destas substâncias, para uma transição tranquila para fluidos de baixo GWP, visto a grande quantidade de empresas e pessoas envolvidas nos setores de refrigeração e ar condicionado.

Abaixo são citadas algumas recomendações:

- Criação de programas de conscientização sobre novas tecnologias alternativas com baixo GWP, eficiência energética e uso seguro de substâncias inflamáveis ou tóxicas;
- Incentivo ao setor público para substituir os equipamentos existentes que trabalham com HFCs com alto GWP, bem como a compra de novos equipamentos com fluidos refrigerantes alternativos às SDOs com baixo GWP, a exemplo de definição de novas políticas de compras e importação para favorecer substâncias com baixo GWP usando equipamentos adquiridos pelo setor público. O setor público é bastante relevante do ponto de vista de demanda de serviços para as grandes e médias empresas do setor de refrigeração e ar condicionado;
- Executar projetos demonstrativos com tecnologias alternativas de baixo GWP, servindo de modelo para fabricantes de equipamentos de todos os portes;
- Fornecer programas de treinamento aos técnicos do setor de refrigeração e ar condicionado sobre o uso seguro de fluidos alternativos com baixo GWP;
- Incluir materiais educacionais na grade curricular das escolas técnicas e profissionais. Como exemplo poderiam ser utilizados os Institutos Federais de Tecnologia no setor de refrigeração e ar condicionado, e também palestras e contatos com as escolas técnicas nacionais como o Senai e outras instituições, que na maioria dos casos de quatro em quatro anos atualizam a grade curricular, com atualização de conteúdos; trabalhar junto ao setor de Normas Técnicas para atualização das cargas mínimas recomendadas e dos padrões de segurança para hidrocarbonetos e substâncias alternativas às SDOs com baixo GWP; e
- Definir os regulamentos necessários para apoiar a eliminação progressiva de HFCs, adotando o uso de alternativas com baixo GWP que sejam energeticamente eficientes e de forma segura.