

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA

MATHEUS VALIM AMERICO BATISTA

UMA ANÁLISE ECONÔMICA DE UM PROGRAMA DE LOGÍSTICA REVERSA  
DE COMPRESSORES DE REFRIGERAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA  
MULTINACIONAL BRASILEIRA

Joinville

2022

MATHEUS VALIM AMERICO BATISTA

UMA ANÁLISE ECONÔMICA DE UM PROGRAMA DE LOGÍSTICA REVERSA  
DE COMPRESSORES DE REFRIGERAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA  
MULTINACIONAL BRASILEIRA

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel no Curso de Graduação em Engenharia Automotiva do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Christiane Wenck Nogueira Fernandes.

Joinville

2022

MATHEUS VALIM AMERICO BATISTA

UMA ANÁLISE ECONÔMICA DE UM PROGRAMA DE LOGÍSTICA REVERSA  
DE COMPRESSORES DE REFRIGERAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA  
MULTINACIONAL BRASILEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Automotiva, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 08 de Março de 2022.

**Banca Examinadora:**

---

Dra. Christiane Wenck Nogueira Fernandes  
Orientadora/Presidente

---

Dra. Vanina Macowski Durski Silva  
Membra  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr. Modesto Hurtado Ferrer  
Membro  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha querida família.

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico aqui minha gratidão aos meus pais, ao meu adorado irmão, e ao meu amor, por serem compreensivos durante minha ausência para realização deste trabalho, e por nunca terem medido esforços para me auxiliar e apoiar. Sou eternamente grato. Vocês têm todo meu amor.

Agradeço aos meus primeiros amigos do Futuros Engenheiros por me acolherem tão bem no nosso início de curso e se tornarem amigos tão especiais. Não teria conseguido sem vocês, muito obrigado por tudo.

Gratifico aos meus queridos amigos Carlos Eduardo, Arion, Aníbal, Gabriel, Juan Carlos, Victor e Bruno, pessoas que tive o privilégio de morar junto, que me ensinaram tanto, e se tornaram minha família. A Neverland vive.

Aos queridos Luis Henrique, Jessé, Estopa, Romanino, Michelutti, Vilmar, Sandro, pela amizade que cultivamos, pelas histórias incríveis e pelas memórias inesquecíveis.

Aos meus queridos colegas de trabalho, por todo apoio, e aos meus mentores profissionais pelo incentivo e pelos ensinamentos.

Aos queridos da KuaseREP, por terem aberto as portas e dividir tantos momentos alegres. Em especial, ao Pedro Vitor, meu amigo, por me ajudar e partilhar das lutas cotidianas do curso, por sofrer e alcançar junto comigo o sucesso.

Não posso terminar sem externar minha imensa gratidão a todos os professores que me deram aula, e que de alguma forma mudaram minha vida. Obrigado pelas correções, pelo estímulo, pela disponibilidade e por sempre extrair o nosso melhor de alguma forma.

“Demore o tempo que for para decidir o que quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir.” Friedrich Nietzsche.

## RESUMO

No gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) de linha branca, a logística reversa desempenha um papel fundamental que liga os produtos obsoletos à uma nova etapa de industrialização para reaproveitamento de materiais e venda de produtos a partir de componentes reciclados. Esse trabalho apresenta um estudo de caso que tem como foco estimar o volume de compressores de refrigeração descartados anualmente no Brasil através do método de suprimento de mercado, e avaliar a receita de um programa de captura desses produtos para recuperação. Ao estudar a literatura e o modelo de negócio, definiu-se que a metodologia de suprimento de mercado é a mais indicada para fazer a previsão do volume de resíduos de compressores. O trabalho teve três importantes resultados, sendo o primeiro a validação de que existe um mercado de mais de 6 milhões de compressores obsoletos para reciclagem ao ano. O segundo é que a receita proveniente desse volume é de, em média, 220 milhões de reais ao ano e isso potencializa a viabilidade da operação. Por último, entendeu-se que a implementação da logística reversa para captura de compressores obsoletos é dificultosa, pois o mercado de catadores informais de sucata consome grande parte do volume, o que gera problemas ambientais e de risco à vida dos trabalhadores do setor.

**Palavras-chave:** Logística Reversa. Compressores. Reciclagem. Viabilidade econômica.

## **ABSTRACT**

In the management of the Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) from white goods, reverse logistics plays a key role that links obsolete products to a new stage of industrialization, for the reuse of materials and sale of products from recycled components. This work is a case study that focuses on estimating the volume of refrigeration compressors discarded annually through the market supply methodology, and evaluating the revenue of a program to capture these products for recovery. By studying the literature and the business model, it was defined that the market supply methodology is the most suitable for forecasting the volume of compressor waste. The work had three important results, the first being the validation that there is a large market of obsolete compressors for recycling of more than 6 million compressors a year. The second is that the revenue from this volume is, on average, 220 million reais a year and this enhances the viability of the operation. Finally, it was understood that the implementation of reverse logistics for capturing obsolete compressors is difficult, since the market of informal scrap collectors consumes a large part of the volume, which generates environmental problems and risks to the lives of workers in the sector.

**Keywords:** Reverse logistic. compressors. Recycling. Economic viability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de processos da Logística Reversa.....	19
Figura 2 - Esquema de um sistema de refrigeração comum.....	27
Figura 3 - Sistema de refrigeração doméstico.....	27
Figura 4 - Vista de um compressor.....	28
Figura 5 - Ranking de Fabricantes do setor de linha branca.....	31
Figura 6 - Distribuição de vendas por segmento e região.....	32
Figura 7 - Método estimativo baseado em vendas.....	36
Figura 8 - Método estimativo Time Step.....	36
Figura 9 - Método estimativo baseado no uso e consumo.....	38
Figura 10 - Método suprimento de mercado.....	39
Figura 11- Opções de status para produtos em fim de vida.....	42
Figura 12 - Macro divisão da operação.....	44
Figura 13 - Vista explodida de um compressor de refrigeração comum.....	47
Figura 14 - Simulação tributária da Importação de refrigeradores no Brasil.....	55
Figura 15 - Mercado informal de Eletroeletrônicos.....	56
Figura 16 - Venda de refrigeradores no Brasil em 2014.....	57
Figura 17 - Previsão de volumes (milhões) de compressor por ano.....	60
Figura 18 - Estimativa de receita por ano.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos setores de Eletroeletrônicos.....	21
Tabela 2 - Relevância das Categorias de Linha Branca.....	32
Tabela 3 - Histórico de vendas.....	33
Tabela 4 - Comparativo entre os métodos de previsão.....	41
Tabela 5 - Resultados do experimento quanto a quantidade de materiais.....	51
Tabela 6 - Preço por kg de material gerado.....	51
Tabela 7 - Potencial receita por compressor.....	52
Tabela 8 - Volume do Mercado de Refrigerados no Ano de 2004.....	56

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

EEE - Equipamentos Eletroeletrônicos

EPA - Environmental Protection Agency

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

REEE - Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>14</b>
<b>1.2. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
1.2.1. Objetivo Geral	15
1.2.2. Objetivos Específicos	15
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1. LOGÍSTICA</b>	<b>15</b>
<b>2.2. LOGÍSTICA REVERSA</b>	<b>18</b>
2.2.1. Logística Reversa Pós-Venda	19
2.2.2. Logística Reversa Pós-Consumo	20
<b>2.3. SETOR DE ELETROELETRÔNICOS</b>	<b>20</b>
2.3.1. Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE)	20
2.3.2. Resíduo de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE)	21
<b>2.4. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA PARA RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS</b>	<b>23</b>
<b>2.5. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO</b>	<b>25</b>
2.5.1 Compressor de Refrigeração	27
<b>2.6. MERCADO DE REFRIGERADORES</b>	<b>28</b>
2.6.1. Mercado de Linha Branca	29
2.6.2. Vida Útil do Produto	32
2.6.3. Reposição do Produto	32
<b>2.7. TAMANHO DE MERCADO DE REFRIGERADORES PARA DESCARTE</b>	<b>33</b>
2.7.1. Método Baseado em Vendas	33
2.7.2 Método Com Correção de Mercado (Time Step)	34
2.7.3. Método do Uso e Consumo	36
2.7.4. Método do Suprimento de Mercado	37
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>39</b>
<b>3.1 ESCOLHA E APLICAÇÃO DO MÉTODO</b>	<b>39</b>
<b>4. ESTUDO DE CASO</b>	<b>41</b>
<b>4.1. DIVISÃO DA OPERAÇÃO</b>	<b>42</b>
<b>4.2. CAPTURA</b>	<b>43</b>
<b>4.3 LOGÍSTICA</b>	<b>44</b>
<b>4.4. OPERAÇÃO</b>	<b>45</b>
<b>4.6. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES E PRODUTOS</b>	<b>47</b>
<b>4.7. GERAÇÃO DE MATERIAIS POR PRODUTO</b>	<b>47</b>
4.7.2. Metodologia da Produção em Massa	48
4.7.3. Metodologia da Separação por Famílias e Modelos	49

<b>5. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>53</b>
<b>5.1. QUANTO AOS DADOS DE ENTRADA</b>	<b>53</b>
5.1.1 Importação e Exportação	53
5.1.2 Mercado informal	54
5.1.3 Volume de Vendas 2004	55
5.1.4. Volume de Vendas 2014	56
<b>5.2. ESTIMATIVA DO VOLUME DE DESCARTE EM 2019</b>	<b>57</b>
<b>5.3. ESTIMATIVA DO VOLUME DE DESCARTE EM 2029</b>	<b>58</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO A - Histórico de Vendas de Refrigeradores e Ar Condicionado</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO B - Dados do Relatório da Abinee</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Muito se sabe a respeito da globalização, seja ela social, cultural, econômica ou de qualquer outra forma. Em épocas mais antigas, a humanidade precisava consumir os produtos perto de onde eram produzidos, por não haver meios avançados de transporte ou armazenamento para as mercadorias (BALLOU, 2006).

Entretanto, pode-se observar que o desenvolvimento de sistemas logísticos permitiu que o mercado consumidor e o meio produtivo se fixassem separados geograficamente, permitindo o intercâmbio e desenvolvimento do mercado nacional e internacional.

Como exemplo, Ballou (2006) relata que uma região especializada em commodities, pode trocar sua produção excedente por um outro produto que lhe convenha através de operações de importação e exportação. De fato, essa aproximação e a facilidade de comercializar os produtos criou uma rede extremamente dependente.

Embora existam muitos benefícios nessa cadeia, é importante destacar que o consumo abundante gerou também uma demanda para o correto descarte das mercadorias. Além disso, bens de consumo podem ser trocados por questões de garantia, mal funcionamento ou insatisfação do cliente.

Independente do motivo, a forma adequada de retornar uma mercadoria é através de um programa de logística reversa, que conecta o produto pós consumo à cadeia produtiva de forma correta, sem geração de resíduos no meio ambiente de maneira irresponsável.

Neste trabalho analisa-se o tamanho do mercado de resíduos gerados pelo descarte de refrigeradores, levando-se em consideração a captura dos compressores de refrigeração para reciclagem. A receita gerada é proveniente do reaproveitamento de materiais nobres que estão presentes no produto como aço, cobre e alumínio.

Segundo dados do IBGE (2022) são vendidos em média 6,4 milhões de refrigeradores por ano no Brasil. Assumindo que para cada refrigerador produz-se ao menos um compressor, pode-se concluir que o mercado deste produto é bastante

volumoso, e por consequência exista uma grande parcela desse volume disponível para descarte ao fim da vida útil do equipamento.

Utilizando o método de previsão de inventário de resíduos, conhecido como Suprimento de Mercado, estimou-se que exista uma demanda com potencial para movimentar mais de cem milhões de reais através da logística reversa e posterior reciclagem dos compressores.

Embora atrativa, essa receita só pode ser alcançada através da fiscalização do cumprimento da lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa legislação tem objetivo de priorizar e compartilhar entre setor produtivo e entidades civis a responsabilidade pelos resíduos sólidos gerados (BRASIL, 2010).

Entretanto, a não execução adequada dessa política pode permitir que um mercado informal tenha domínio do setor, e impossibilite a captura dos produtos em desuso para reciclagem. Além disso, esse mercado potencializa a criação dos problemas ambientais, pois não atende os requisitos de segurança e de cuidados com o ecossistema, exigidos por lei (MENDES et al., 2016).

Portanto, este trabalho se justifica pela importância ambiental do descarte correto de materiais em fim de vida útil, propondo um reprocessamento e reciclagem de resíduos especificamente para compressores de refrigeração. A colaboração do trabalho para o tema se dá por mensurar e expor a atratividade econômica proveniente deste mercado em um estudo de caso e acrescentar informações ao tema da sustentabilidade, que é de grande importância para o cenário mundial.

## 1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi desenvolvido em 6 capítulos. O primeiro capítulo traz uma introdução ao tema, o segundo capítulo aborda a fundamentação teórica, o terceiro capítulo detalha a metodologia utilizada, o quarto capítulo apresenta o estudo de caso realizado, o quinto capítulo faz a análise de resultados e o sexto capítulo traz a conclusão e considerações finais.

## 1.2. OBJETIVOS

Propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos.

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Realizar uma análise econômica de um programa de reciclagem de compressores de refrigeração através Logística Reversa.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Mensurar o volume de compressores vendidos no Brasil entre 2014 e 2019;
- Avaliar o tamanho de mercado de logística reversa por meio de método de suprimento de mercado;
- Estimar a quantidade de materiais extraídos por compressor para revenda;
- Estimar a receita anual da reciclagem de compressores no fim do uso do produto a partir da revenda de materiais extraídos.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Em conformidade com o objetivo geral, que realiza uma análise econômica de um programa de reciclagem de compressores de refrigeração através Logística Reversa, esse capítulo discorre de forma conceitual sobre alguns tópicos que envolvem o tema.

### **2.1. LOGÍSTICA**

Quando os primeiros estudos surgiram, a logística era vista de forma mais restrita. Todavia, atualmente o conceito se tornou bastante abrangente e foi incorporado a um estudo de Gestão Integrada, se aliando a áreas tradicionais das finanças, marketing e produção (BALLOU, 2006).

Sobre a Logística, Ballou conceitua que:



Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes (Ballou. 2006, p. 27).

Dessa forma, fica compreendido que a Logística é em si um processo, onde se incorporam algumas das atividades fundamentais relacionadas à produção de produtos e serviços. Entretanto, não contempla o processo inteiro, mas sim uma parte da cadeia de suprimentos, que se relaciona de forma interdisciplinar e interinstitucional com outras empresas, formando um canal para fluxo de produtos.

Hara (2005) aponta que as primeiras aplicações de logística ocorreram no âmbito militar. Os seus fundamentos serviram para melhoria na estocagem, transporte e cuidados com suprimentos como medicação, armamentos e comida. No período pós-guerra o conceito de logística foi aperfeiçoado e experimentado dentro de indústrias e comércios.

É incontestável que a Logística é, em sua essência, uma relação de estratégia e alinhamento interdisciplinar. Christopher (2001), discute que para uma empresa se tornar competitiva deve seguir dois fatores importantes. Primeiramente se diferenciar dos seus competidores aos olhos do cliente, e depois operar com custo otimizado, maximizando os lucros.

De fato, uma melhor gestão da cadeia de suprimentos é uma ótima maneira de se atingir esses objetivos, pois os benefícios dessas ações impactam diretamente na relação com o consumidor. Ballou (2006) acrescenta em sua definição que além do controle do fluxo de matérias primas e produto acabado, a Logística é responsável pela gestão de qualquer informação do ponto de origem ao ponto de consumo.

É inegável que a evolução da Logística também acompanha as mudanças nos hábitos de consumo da sociedade. Por exemplo, é comum encontrar o mesmo produto sendo oferecido em diferentes plataformas de venda, nesse caso o diferencial não está no produto em si, mas no serviço que o acompanha. Um deles é o custo da mercadoria. Bowersox e Closs (2001) afirmam que os custos da Logística no processo podem ser de até 35% do valor do produto.

Outro diferencial pode ser o tempo de entrega, relacionado a escolhas de táticas de logística, é feita com aumento de frota, centros de distribuição mais próximos do local de entrega nas regiões estratégicas ou até mesmo utilização de modais diferentes de transporte. É possível se tornar mais competitivo e reduzir os preços do produto em geral através de um sistema de transporte eficiente (BALLOU, 2006).

Ballou (2006) também defende a Logística como um gerador de valor dentro de uma organização. Os dois principais indicadores desse ganho são tempo e lugar. O autor afirma que um produto ou serviço só tem valor em posse dos clientes quando (tempo) e onde (lugar) eles desejam consumi-lo.

Nesse sentido, é importante que existam formas de conectar esses processos, como os canais de distribuição. Sobre isso, Stern (1996 apud Neves, 1999) mostra que um canal de distribuição é constituído de algumas organizações independentes que estão envolvidas na missão de tornar-se um produto ou serviço disponível para o consumidor. Além de atender as expectativas referentes à qualidade, ao preço ou ao abastecimento, os canais também são responsáveis de alguma forma por fomentar a demanda induzida.

Segundo Stern et al. (1996), para uma empresa ser saudável em longo prazo precisa satisfazer o processo de busca dos seus usuários. Portanto, o canal de distribuição é usado para executar atividades mercadológicas, tais como: Conveniência espacial, tamanho dos lotes, tempo de entrega e variedade de portfólio.

Os participantes dos canais de distribuição, sendo fabricantes, atacadistas e varejistas, contam com suporte de outras instituições que são definidas como facilitadores. Essas podem ser empresas de pesquisa de mercado, de transporte, publicidade ou até instituições financeiras (NEVES, 1999).

Para Neves (1999) uma das maiores diferenças entre os participantes e facilitadores, se dá pelo direito de propriedade do produto ou serviço. Ou seja, entende-se que enquanto um participante em algum momento da cadeia tem posse legal do bem, os facilitadores não a detém, podendo incluir por exemplo empresas contratadas para o serviço de transporte.

## 2.2. LOGÍSTICA REVERSA

Embora a seção anterior deste trabalho tenha definido a Logística como um processo que se encaixa do ponto de origem ao ponto de consumo de um produto ou serviço, pode-se afirmar que esse não é um sistema aberto, mas sim um ciclo fechado que volta a interagir com o mercado.

Sobre esse ciclo, Ballou (2006) defende que:

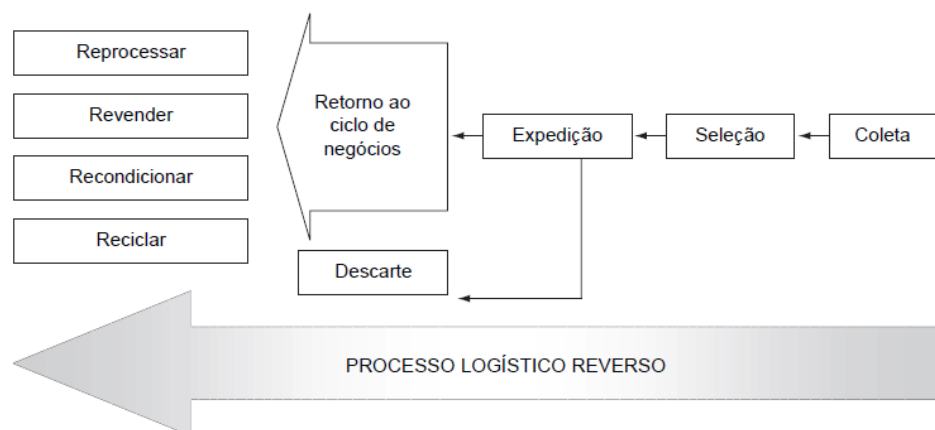
A vida de um produto do ponto de vista da logística, não se encerra com a entrega ao consumidor. Produtos tornam-se obsoletos, danificados ou inoperantes e são devolvidos aos seus pontos de origem para conserto ou descarte. Material de embalagem pode ser devolvido à origem devido a imposições da legislação ambiental ou porque sua reutilização faz sentido em termos econômicos. canal logístico reverso pode usar o canal logístico normal no todo ou em parte, ou, então, exigir um projeto em separado. A cadeia de suprimentos se encerra com o descarte final de um produto. O canal reverso precisa ser considerado como parte do escopo do planejamento e controle logísticos (Ballou, 2006, p. 29).

O campo da logística que trata de produtos após a entrega no ponto de consumo e se encarrega de fazer o processo de retorno do material, é conhecido como Logística Reversa. Roger e Tibben-Lembke (1999) de forma muito objetiva conceituam Logística Reversa como sendo:

O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição. (Roger e Tibben-Lembke. 1999, p. 17).

Para implementar um fluxo reverso em seu processo, uma instituição precisa se certificar que algumas atividades serão realizadas, seja por ela mesma ou por terceiros. As tarefas são: coleta, separação, embalagem e transporte de produtos do ponto de retorno até os locais de reprocessamento, reciclagem ou até descarte dos materiais (Steven et al., 2004 apud CHAVES & BATALHA, 2006). A Figura 1 ilustra simplificada o processo reverso de logística.

Figura 1 - Fluxo de processos da Logística Reversa.



Fonte: Chaves e Batalha (2006, p. 425).

Portanto, é possível relacionar que a logística reversa tem interesses similares e interage de forma parecida com outras áreas como marketing, finanças e produção. A diferença é que o fluxo do processo se origina no ponto de consumo ao invés do ponto de desenvolvimento de um produto.

### 2.2.1. Logística Reversa Pós-Venda

Alguns produtos são destinados para descarte de fato, ou seja, sem que possam ser inseridos na cadeia produtiva. Entretanto, quando eles podem ser reaproveitados, faz-se o uso de canais conhecidos como canais de distribuição reverso pós-consumo. Um outro conceito similar é o de Canais de Distribuição reverso pós-venda, embora este se caracterize pelo retorno de produtos com pouco uso que apresentaram algum tipo de problema, ou também por insatisfação do cliente (CHAVES & BATALHA, 2006).

A implementação de um sistema de logística reversa de pós-consumo pode refletir em uma composição de custo mais otimizada devido ao melhor aproveitamento de matéria-prima ou até mesmo pela valorização do produto descartado através da reutilização e reprocesso (LEITE, 2009).

Para Chaves e Batalha (2006), não há uma única razão para que um produto retorne pela cadeia de suprimentos, podendo ocorrer por uma lista de

fatores como defeito, não identificação do cliente, pedidos processados de forma equívoca, excesso de estoque, contaminação e produto fora de linha.

### **2.2.2. Logística Reversa Pós-Consumo**

Enquanto o canal de logística reversa de pós-venda tem interesses econômicos muito mais salientes, pode-se defender que o canal de pós-consumo tem adicionalmente justificativas relacionadas com questões ambientais e de legislação. Dessa forma, o canal que foca em retorno de bens usados tem mais visibilidade para a sociedade que tem fiscalização ambiental mais rigorosa (CHAVES & BATALHA, 2006).

De fato, o canal de logística reversa pós-consumo deve ser o foco quando se trata de processos de economia circular ou programas que contemplam o cumprimento de leis ambientais. Embora o canal de pós-venda não deva ser ignorado, sua representatividade no volume é menor para o caso de estudo deste trabalho, pois alguns materiais são consertados e revendidos, logo, não seriam reciclados.

## **2.3. SETOR DE ELETROELETRÔNICOS**

Os indicadores da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE (2022), indicam que o faturamento da indústria eletroeletrônica cresceu 24% entre 2020 e 2022. Além disso, a projeção para 2022 é que ainda cresça 9%, chegando a mais de 233 bilhões de reais.

Esses valores contemplam importações, exportações e atividades de diversos segmentos do setor. Entretanto, a divisão de utilidades domésticas tem uma grande parcela deste montante e se espera que tenha participação de aproximadamente 14,47% do faturamento para 2022, conforme o ANEXO B (ABINEE, 2022).

### **2.3.1. Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE)**

Sobre o conceito de produtos eletroeletrônicos, Ministério do Meio Ambiente (2019) dispõe que:

Art. 2º Para fins de aplicação desta Instrução Normativa, considera-se:  
I - produtos eletroeletrônicos: são todos os equipamentos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, incluindo os componentes com função específica que possam ser removidos dos equipamentos (BRASIL, 2019);

Esses produtos são distribuídos em quatro categorias distintas no que diz respeito à vida útil, conceito do equipamento, componentes montados e aplicação. A classificação pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição dos setores de Eletroeletrônicos.

Linha Azul	Linha Branca	Linha Verde	Linha Marrom
- Batedeiras	- Refrigeradores	- Computadores	- Televisão
- Liquidificadores	- Fogões	- Impressoras	- Monitores
- Ferros Elétricos	- Lava-Roupas	- Celulares	- DVD/VHS
- Furadeiras	- Ar Condicionado		- Produtos de áudio

Fonte: Adaptado de Gomes (2015).

Uma outra forma de distinguir os produtos, é caracterizá-los quanto às suas dimensões e composição em termos de distinção de materiais. Por exemplo, enquanto as linhas marrom e azul são compostas principalmente por plástico e vidro, as outras se caracterizam pela maior presença de metal (GOMES, 2015).

O foco deste trabalho está relacionado com o mercado de compressores para refrigeração. Neste sentido, considera-se a linha branca como o setor de relevância do trabalho.

### 2.3.2. Resíduo de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE)

Em geral, os produtos possuem um determinado prazo de funcionamento, que é chamado de vida útil. Ao final deste ciclo, os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) são reclassificados como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE) (GOMES, 2015). Caso o aparelho ainda passe por reparos, ou seja reutilizado, e esteja funcionando não é contabilizado como resíduo.

É natural que novos bens tomem lugar de mercadorias obsoletas. Muitas vezes, mesmo que esteja em operação, um produto é trocado por questões de tecnologia ou espaço físico. Isso é muito comum no mercado de telecomunicações, por exemplo. Entretanto, o aumento dessa demanda tem se tornado um desafio a nível mundial (DIAS et al., 2017).

Segundo Santos (2018), as pesquisas que indicam a quantidade de resíduos eletroeletrônicos gerados no mundo tendem a ser próximas em resultados. Contudo, é bastante difícil fazer comparações devido às diferentes metodologias aplicadas e a distinta frequência de apuração dos dados.

É estimado que o desafio cresça na próxima década, atingindo 500% do volume atual. Em 2017 foram gerados 48 milhões de toneladas, sendo que 11,3 milhões foram só na América, embora só 1,9 mega toneladas foram recicladas no continente. Os Estados Unidos são os maiores produtores de REEE com 6,3 mega toneladas. O Brasil tem o segundo lugar com 1,5 mega toneladas (BALDÉ et al., 2017).

Tratando-se de resíduos sólidos, existe uma atenção especial devido à relação que esse lixo pode desenvolver com o meio ambiente quando descartado de forma errada. A utilização de alguns metais pesados como cobre, alumínio, mercúrio, estanho, cromo, ou até mesmo fluidos para refrigeração e lubrificação, classificam esses produtos como resíduos perigosos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

O descarte desses materiais em solos ou lixões a céu aberto representam primeiramente um risco ao meio ambiente e seguidamente se tornam um problema de saúde pública. Por exemplo, solos ricos em alumínio se tornam ácidos e armazenam quantidades do metal. É possível que a contaminação crônica do alumínio contribua com o mal de Alzheimer. O cobre também pode trazer

problemas severos, como lesões no fígado causadas por intoxicação (SILVA et al., 2007).

Dessa forma, fica entendido que a geração de resíduos eletroeletrônicos deve ser um ponto de atenção de uma sociedade que tem cuidados com o meio ambiente. O setor de refrigeração desempenha um papel bastante relevante nesse cenário. Segundo Mascarenhas (2005), a linha branca representa 1,34% da inflação, e para Albergoni (2009), aproximadamente 90% do volume da linha branca é proveniente da venda de refrigeradores.

Uma vez que se estabelece a conexão entre o perigo de danos ambientais e o crescimento da geração de resíduos eletroeletrônicos, é necessário que se desenvolvam mecanismos para tratamento do problema. Os debates entre o setor produtivo, governo, setor acadêmico e entidades civis levaram à promulgação de uma nova legislação. O interessante é que a logística reversa é potencialmente utilizada como um instrumento de inovação da aplicação da lei.

#### 2.4. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA PARA RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

A necessidade de gerenciar produtos descartados pós-consumo ou pós-venda não se dá apenas pelos interesses econômicos do processo da logística reversa, mas também pela responsabilidade ambiental das empresas em relação a seus produtos. A produção de lixo no Brasil aumentou 29% entre 2003 e 2014, crescimento que ocorreu não proporcionalmente ao crescimento populacional de apenas 6% no mesmo período (VELÁZQUEZ & MARCON, 2017).

Com este aumento de produção de lixo e os impactos ambientais causados por ela, foi aprovada a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. A lei dispõe sobre as diretrizes relacionadas com o gerenciamento de resíduos sólidos, que são de responsabilidade das pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis pela geração de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O doutrinador Ibrahin (2014) destaca como principais objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos a/o:



Legitimação das políticas estaduais e municipais de resíduos sólidos; acordo setorial entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes para a delegação de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto; proibição definitiva de aterros a céu aberto (lixões); implantação de sistema de coleta seletiva pública; definição dos princípios do poluidor-pagador e do protetor-recebedor; incentivos econômicos prioritários para iniciativas com responsabilidade ambiental; inventário e sistema declaratório anual de resíduos sólidos; inclusão social e econômica dos catadores de lixo por meio de cooperativas; adoção e estruturação do sistema de logística reversa (IBRAHIN, 2014, p.174-175).

Um importante avanço alcançado com a Política Nacional de Resíduos Sólidos é a responsabilidade compartilhada entre os envolvidos no processo. Sobre o tema a Lei nº 12.305/2010, em seu artigo 30, dispõe que:

É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.

Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

- I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental (BRASIL, 2010).

Para Ibrahin (2014) a participação dos consumidores é fundamental para alcançar os objetivos da responsabilidade compartilhada, mas para que isso ocorra deverá haver incentivos por meio da educação ambiental e da divulgação nos meios

de comunicação, que para o autor, “[...] não é uma tarefa fácil dada a frágil e pequena conscientização ambiental ainda existente” (IBRAHIN, 2014, p.176).

A demora do Brasil em se preocupar com a geração de resíduos eletroeletrônicos pode ser atribuída principalmente a uma industrialização tardia e a falta de interesse da mídia e da opinião pública com relação a melhorias ambientais cotidianas. Grandes campanhas como proteção da Amazônia eram vistas como prioridade e isoladas de uma reeducação sustentável (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2012, p.17).

Antes da Política Nacional de Resíduos Sólidos ser sancionada, o tratamento de REEE no país era completamente despadronizado. Estados e municípios tinham suas próprias leis e regulamentações, inviabilizando o desenvolvimento da infraestrutura para cuidado com esse tipo de resíduo.

## 2.5. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Segundo Lazzaris (2021), a refrigeração pode ser entendida como uma ação que visa reduzir a temperatura de um objeto ou ambiente. Nesse sentido, é possível que se desenvolvam sistemas para refrigeração de alimentos, remédios e substâncias, ou condicionadores de ar para aplicação de refrigeração de salas e veículos.

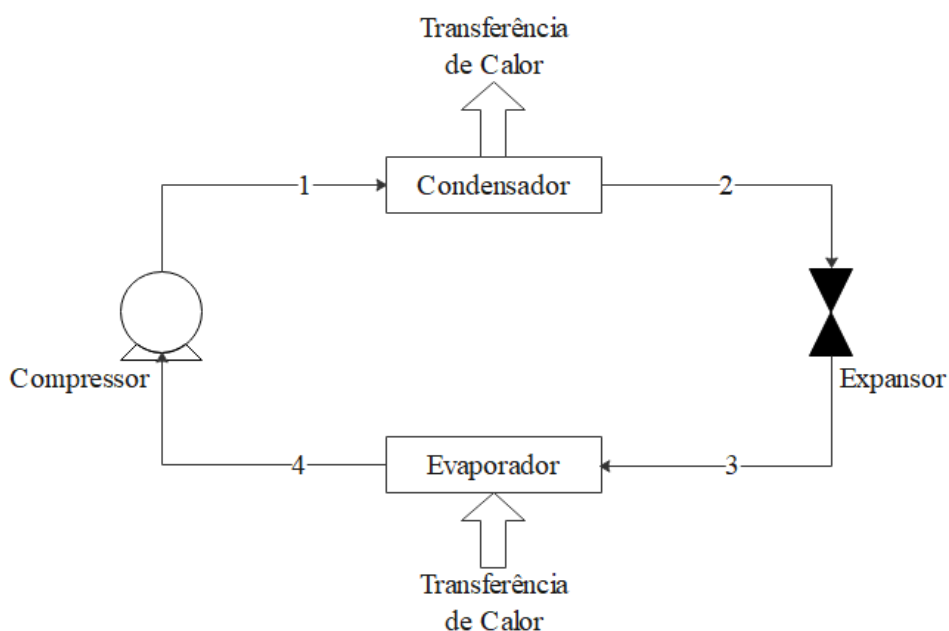
Para este estudo, tem-se interesse no primeiro caso, onde são utilizados sistemas de refrigeração para geladeiras e freezers. Esses produtos são baseados na compressão mecânica de vapor, onde o fluido refrigerante tem como característica a alta transferência de energia térmica quando está em mudança de fase (GOSNEY, 1982). Esse fenômeno torna possível que se retire calor do meio que se deseja refrigerar.

Segundo Inan et al. (2003), o projeto desses sistemas deve levar em consideração o baixo consumo de energia e custo de produção. Como pode ser observado na Figura 2, o ciclo de refrigeração mecânica por compressão de vapor é composto basicamente por quatro componentes: Compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador (LAZZARIS, 2021).

Segundo Lazzaris (2021) as funções de cada etapa são:

- Compressor: elevar a pressão dos fluidos nos trocadores de calor;
- Condensador: é onde o fluido refrigerante irá liberar o calor para o ambiente externo;
- Dispositivo de expansão: é onde a pressão do fluido refrigerante é reduzida;
- Evaporador: onde o calor liberado pelo ambiente refrigerado é absorvido.

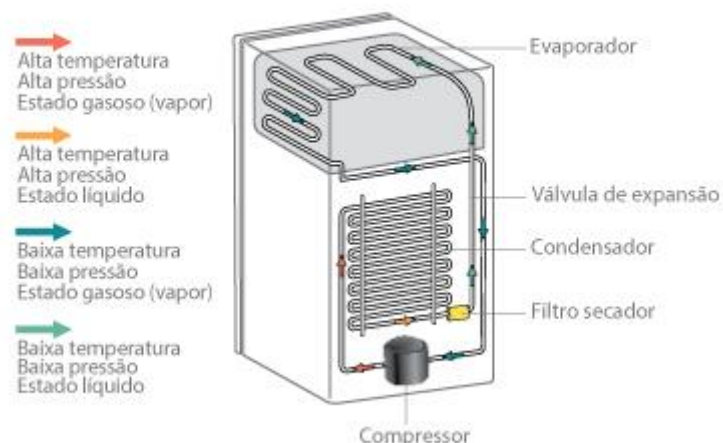
Figura 2 - Esquema de um sistema de refrigeração comum.



Fonte: Adaptado de Lazzaris (2021).

Dessa forma, o ciclo se inicia com a compressão do fluido refrigerante que passa para o condensador a fim de liberar calor para o ambiente. Logo após existe uma etapa de baixa pressão no qual o evaporador remove calor do interior do refrigerador, que está isolado termicamente (DINIZ, 2018). A aplicação do conceito em um projeto real pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 - Sistema de refrigeração doméstico.



Fonte: Clube da Refrigeração (2022).

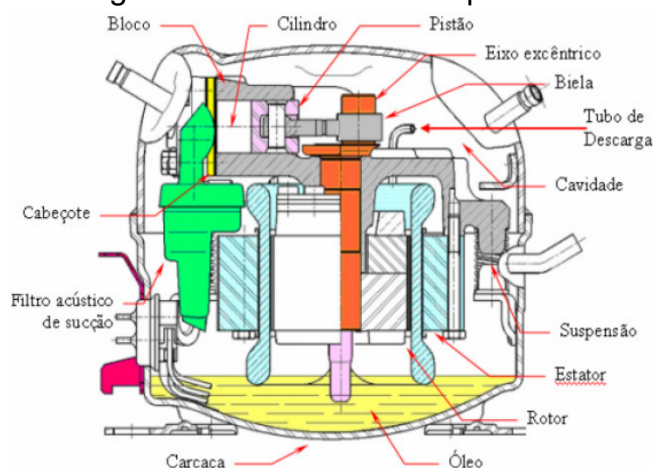
Estudar um sistema de refrigeração é também compreender que são dependentes de um compressor. Portanto, para cada refrigerador produziu-se ao menos uma dessa máquina, sendo que para alguns sistemas pode-se combinar a utilização em conjunto, e para outros é possível que haja reposição de partes.

### 2.5.1 Compressor de Refrigeração

O compressor de refrigeração constitui a parte primordial de um sistema de refrigeração, seja de uso doméstico ou comercial. Segundo Stoecker e Jones (1985), são equipamentos projetados com a finalidade de aumentar a pressão de um fluido em estado gasoso. Essas máquinas têm a função de sugar o fluido refrigerante a baixa pressão da linha de sucção e comprimi-lo em direção ao condensador a alta pressão e alta temperatura na fase gasosa.

De forma geral, pode-se dividir as características construtivas de compressores em dinâmicos, onde a velocidade do fluido em baixa pressão pode sofrer ou não aceleração, ou modelos de deslocamento positivo, comprimindo volumes finitos de fluidos causando um aumento de pressão (BLOCH; HOEFNER, 2001). A Figura 4 apresenta uma vista esquemática de um compressor hermético alternativo comum, exemplificando os principais componentes.

Figura 4 - Vista de um compressor.



Fonte: Fulco (2008, p. 2).

As partes móveis da estrutura de um compressor convencional são formadas pelo conjunto eixo-rotor, que está conectada a uma biela, a qual está conectada ao pistão, formando o mecanismo de compressão, sendo que toda essa estrutura é sustentada por um bloco. Os componentes são montados em uma base feita em ferro fundido, e sustentados por molas em uma carcaça de aço soldada e hermeticamente fechada na qual circula o fluido refrigerante (RIGOLA, 2002).

## 2.6. MERCADO DE REFRIGERADORES

Neste trabalho, tem-se como objetivo geral realizar uma análise econômica de um programa de reciclagem de compressores de refrigeração através Logística Reversa. Assim, é essencial ter uma compreensão macro do cenário de linha branca no Brasil. De fato, considerando o compressor como uma commodity, em caso de descarte do refrigerador ao final do uso, o mesmo estará ainda montado na geladeira ou freezer.

Os compressores são então vendidos dentro do segmento de mercado conhecido como Linha Branca. Alcântara e Albuquerque (2008) classificam esse grupo como bens de consumo não-portáteis e duráveis, incluindo produtos como refrigeradores, freezers verticais e horizontais, lavadoras e secadoras de roupa, condicionadores de ar e forno micro-ondas. Na Figura 5 estão representados os maiores fabricantes do setor.

Figura 5 - Ranking de Fabricantes do setor de linha branca.

Empresas	Participação de Mercado	País de origem	Marcas
Whirlpool Latin America	40%	Estados Unidos	Consul, Brastemp e Kitchen Aid
Electrolux do Brasil S/A	30%	Suecia	Electrolux
Mabe Brasil	20%	Mexico	Bosch, Continental, Dako e GE

Fonte: Folha de São Paulo (2013).

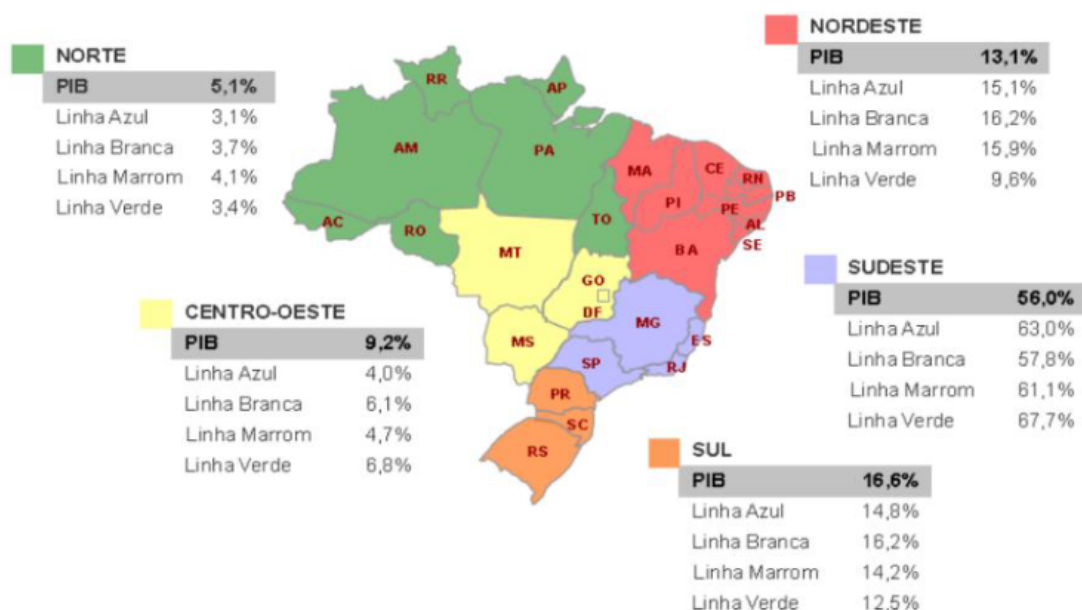
Mudanças no padrão de vida dos consumidores, aliada às constantes inovações do mercado de EEE causaram o surgimento de um sério problema para o segmento de Linha Branca: o descarte pós-consumo dos produtos. A solução desse problema não está nas políticas públicas atuais, pois não se mostram eficientes para gerir a demanda existente (SILVA et al., 2007).

### 2.6.1. Mercado de Linha Branca

Segundo dados da ABINEE (2022), o setor de equipamentos eletroeletrônicos voltados para a área de utilidades domésticas teve um faturamento representativo de R \$30,78 milhões no ano de 2021. Esse dado teve uma variação de 25% em relação ao ano de 2020.

Para o ano de 2022, a projeção atualizada é de que se atinja um crescimento de 10% no setor, alocando 80% da capacidade produtiva instalada (ABINEE, 2022). Na Figura 6 pode-se observar o cenário da distribuição de venda de EEE no Brasil considerando a região e o segmento de classificação do produto.

Figura 6 - Distribuição de vendas por segmento e região.



Fonte: ABDI (2012).

Mascarenhas (2005) apresenta dados que expressam a relevância de cada produto dentro do segmento de linha branca. De acordo com o autor, a soma das categorias de geladeiras, freezers verticais e freezers horizontais, faz com que os refrigeradores sejam a maior fatia do mercado, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Relevância das Categorias de Linha Branca

CATEGORIA	% VOLUME	% VALOR
Fogões	30.8	26.8
Geladeiras	24	38.1
Lavadoras Semi automáticas	16.3	5.2
Lavadoras Automáticas	9.2	12.4
Fornos Microondas	6	2.8
Condicionamento de ar	5.7	5.2
Depuradores de ar	3.20	1.50
Freezers Horizontais	1.90	3.70
Freezer Vertical	1.40	1.90
Lava Louças	0.3	0.5

Coifas	0.7	1.1
Secadora de Roupas	0.2	0.4
Cooktops e Fornos de parede	0.2	0.5

Fonte: Mascarenhas (2005).

Os indicadores apresentados por Mascarenhas (2005) mostravam que alguns produtos da linha branca, como fogão e geladeira, já estavam presentes em mais de 90% dos lares no Brasil em 2004. O estudo aponta que os refrigeradores, por exemplo, estão presentes em 96,1% das residências. Portanto, é coerente concluir que este não é um mercado em expansão, pois os números são bastante consolidados.

Embora a ampliação do mercado de refrigeradores esteja bastante saturada, isso não significa que a receita de vendas não seja atrativa. Na Tabela 3 traz-se dados do IBGE (2022) que mostram o histórico de vendas nos anos precedentes à pandemia do COVID-19.

Tabela 3 - Histórico de vendas.

	2017	2018	2019
Unidades	5.607.000	5.767.000	6.492.000

Fonte: Adaptado de Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA (2022).

Existe uma fatia do mercado que é suprida pela comercialização de bens de consumo usados, e a dificuldade de conseguir dados oficiais de venda faz com que esse parâmetro fique de fora da análise. Outro problema bastante desafiador é a demanda de mercadorias ilegais do setor, conhecido como mercado cinza.

Esse mercado cinza não pode ser desprezado, pois acaba gerando dois problemas para a cadeia de suprimentos. O primeiro está relacionado com a irregularidade do cadastro de pessoa jurídica e fonte de produtos não confiáveis, que acabam não produzindo riqueza para o país. A segunda preocupação é que ao final da vida útil, quando o produto for corretamente descartado, tende a onerar as empresas engajadas no compromisso da logística reversa.



### **2.6.2. Vida Útil do Produto**

Para se estimar de forma mais assertiva a quantidade de resíduos gerado por um produto, é preciso que se tenha compreensão do tempo médio que estará em serviço. Esse fator é chamado de tempo de vida útil.

A apuração desse dado é bastante difícil para o caso estudado neste trabalho, devido à relatividade existente nos dados. Por exemplo, alguns parâmetros que podem influenciar nos resultados são as condições de uso, e isso leva em conta as características do usuário. Ou seja, o refrigerador pode durar mais ou menos dependendo da família que o utiliza.

Devido a falta de dados nacionais em trabalhos acadêmicos, utilizou-se dados de instituições internacionais. Segundo a Environmental Protection Agency - EPA (2007), os refrigeradores têm vida útil em média de quinze anos. Já o estudo da United Nation University (2008), aponta que esses produtos têm prazo de até dez anos.

É possível que geladeiras e congeladores ultrapassem essa estimativa, entretanto esse cenário é indesejável. Segundo a UNU (2007), um eletrodoméstico novo pode apresentar consumo de energia 40% menor. Além disso, um refrigerador que ultrapasse 20 anos de uso pode gastar até quatro vezes mais eletricidade.

### **2.6.3. Reposição do Produto**

Para Mascarenhas (2005), o mercado dos refrigeradores é composto por novos lares que se formam e por reposição ao fim da vida útil. Isso se dá devido a alguns fatores como alto valor agregado, não haver necessidade de duplicar o produto em uma mesma casa, e serem produtos de longa duração.

Dessa forma, é possível que se leve em consideração o descarte de refrigeradores quando, de fato, houver se tornado um bem obsoleto. O custo elevado do produto potencializa a hipótese de que o usuário maximize sua utilidade até que não seja mais possível (MASCARENHAS, 2005).

Assumiu-se portanto, que os indicadores de mercado são bastante confiáveis quanto à apresentação de resultados com eventos aleatórios que possam

distorcê-los. É importante que isso seja considerado para realizar as previsões de mercado e planejar a demanda baseado no histórico do produto.

## 2.7. TAMANHO DE MERCADO DE REFRIGERADORES PARA DESCARTE

Para estimar a ordem de grandeza do mercado de resíduos de refrigeradores é importante entender algumas metodologias e variáveis que podem influenciar no processo como o volume de vendas e a vida útil do produto, temas discutidos nas seções anteriores.

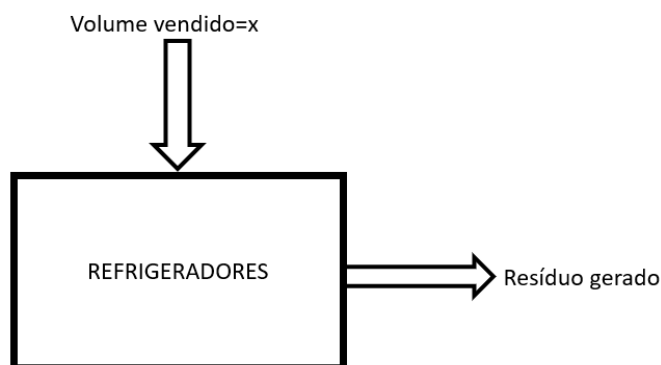
Portanto, esta seção do capítulo tem o objetivo de apresentar métodos para realizar a previsão de volume de refrigeradores descartados por ano no país. Foram encontradas algumas metodologias que pudessem auxiliar nessa estimativa, entretanto nem todas podem ser aplicadas pois foram desenvolvidas para um produto ou local específico.

### 2.7.1. Método Baseado em Vendas

O primeiro modelo encontrado nas pesquisas é bastante elementar e utiliza apenas uma variável, o que torna a estimativa muito imprecisa para este trabalho. Segundo a ABDI (2012), basear a previsão nesse método é uma simplificação grosseira e que pode apresentar muitos erros.

Nesse método adota-se a hipótese de que as reposições de produto são proporcionalmente lineares às vendas. Dessa forma, para cada produto que for vendido em um dado período, diz-se que haverá um valor idêntico correspondente de resíduos sendo gerados, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Método estimativo baseado em vendas.



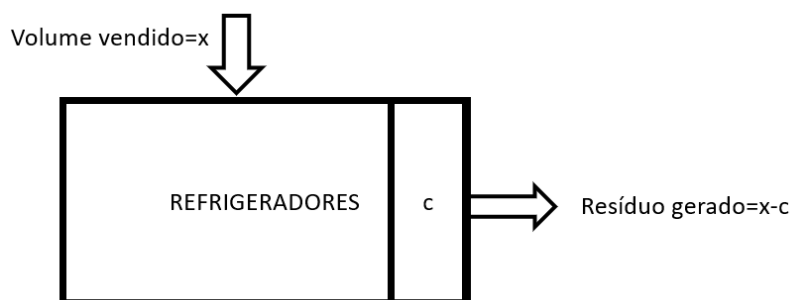
Fonte: Adaptado de ABDI (2012).

A empregabilidade dessa técnica é bastante simples e isso é uma das suas principais vantagens. Contudo, a precisão dos resultados pode se afastar bastante da realidade devido a fatores como o crescimento de mercado e da incerteza do volume de vendas ser representativo, por conta da sazonalidade de alguns bens de consumo.

### 2.7.2 Método Com Correção de Mercado (Time Step)

Como relatado, o método baseado unicamente no volume de vendas traz incertezas geradas pela exclusão das dilatações de mercado. À vista disso, pode-se aplicar um mecanismo, representado na Figura 8, que considere um ajuste da variação do volume de vendas causada pelo aumento do setor (ABDI, 2012).

Figura 8 - Método estimativo Time Step.



Fonte: Adaptado de ABDI (2012)

Uma variável deve ser deduzida do sistema, de forma que o avanço do consumo seja desconsiderado, representado assim os casos de reposição do produto. Para utilizar esse método, é necessário conhecer o número de refrigeradores de cada família no ano atual ( $NR_{(t+1)}$ ), o dado no ano anterior ( $N_t$ ) e o número de refrigeradores vendidos no período.

Para o cálculo, utilizou-se as Equações a seguir:

$$NR_{(t+1)} = \text{NÚMERO DE CASA}_{(t+1)} \cdot \text{REFRIGERADORES POR CASA}_{(t+1)} \quad (1)$$

$$NR_{(t)} = \text{NÚMERO DE CASA}_{(t)} \cdot \text{REFRIGERADORES POR CASA}_{(t)} \quad (2)$$

$$\Delta V_R = NR_{(t+1)} - NR_{(t)} \quad (3)$$

Onde:

- $t$  É o ano anterior;
- $NC$  É o número de casas avaliadas;
- $\Delta V_R$  É a variação no volume de refrigeradores por famílias de um ano para outro.

Após, pode-se dizer que o ajuste essencial para a base de comparação está concluído, e os valores podem ser utilizados para obtenção do volume de resíduos gerados. Dessa forma, utiliza-se a Equação 4 para estimar a quantidade de refrigeradores descartados ( $V_{RD}$ ) num determinado ano.

$$V_{RD} = N_{St} - \Delta V_R \quad (4)$$

Onde  $N_{St}$  É o número de refrigeradores vendido no período avaliado.

Esta metodologia apresenta uma precisão de resultados que é bem aceita, sem a necessidade da utilização de dados de difícil obtenção como a estimativa do

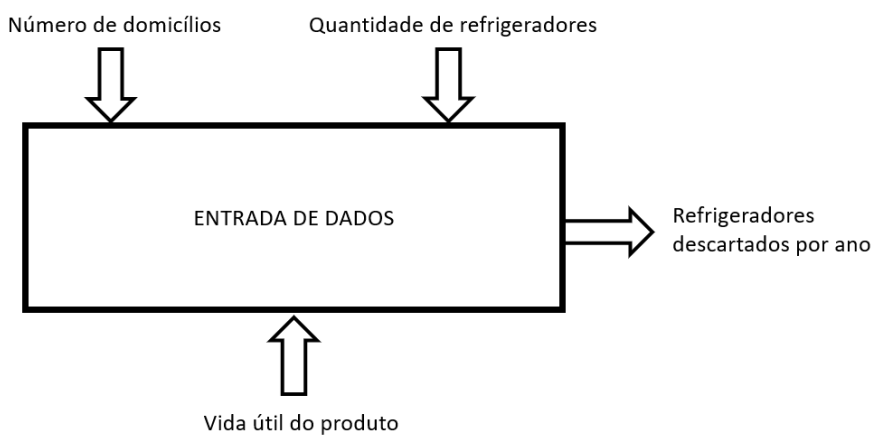
tempo de vida do produto, que pode se mostrar um parâmetro bastante complexo e relativo dependendo do bem de consumo que está sendo avaliado.

Entretanto, apesar de ser um modelo mais simplista e com bom retorno de resultados, a base do método é a saturação de mercado, que é uma variável difícil de ser estimada para muitos produtos, ou mesmo pode não existir em algumas aplicações.

### 2.7.3. Método do Uso e Consumo

O terceiro método avaliado consiste em desprezar os dados de vendas em um dado período. Embora essa hipótese seja motivo de simplificação do mecanismo de cálculo, o fundamento da ferramenta é baseado no consumo e uso do produto. Na Figura 9 está representado os dados necessários para aplicação da metodologia.

Figura 9 - Método estimativo baseado no uso e consumo.



Fonte: Adaptado de ABDI (2012).

A relação matemática entre os dados de entrada e saída pode ser expressa através da Equação 5.

$$V_{RD} = \frac{\text{NÚMERO DE CASAS} \cdot \text{PRODUTOS POR CASA}}{\text{VIDA ÚTIL}} \quad (5)$$

Onde  $V_{RD}$  É o volume de refrigeradores descartados.

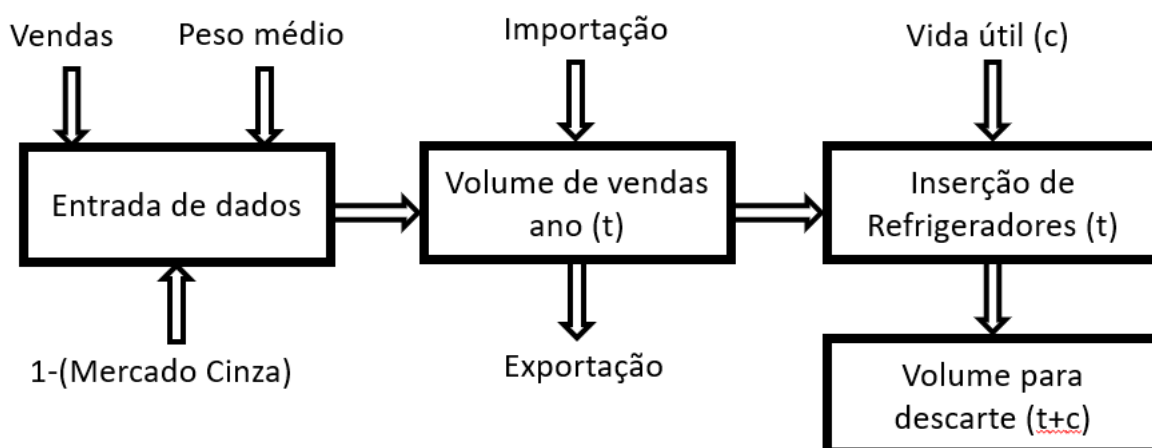
O método apresentado para estimar o volume de resíduos descartados não requer a utilização de dados de vendas para que seja implementada. Por outro lado, é necessário levantar dados relativamente imprecisos como o tempo de vida útil do produto e os índices de saturação do mercado (KAPOOR; YEDLA, 2011).

Embora isso simplifique as pesquisas, e por consequência o cálculo, essas informações são difíceis de serem apuradas. Dessa forma, o método pode ser aplicado mas não se torna tão atrativo, pois os volumes de vendas podem ser obtidos, e dão mais solidez à estimativa (ABDI, 2012). A vida útil pode ser uma informação muito complexa, e também precisa ser avaliada dependendo do produto, pois nesse método é um parâmetro chave.

#### 2.7.4. Método do Suprimento de Mercado

O último método analisado neste trabalho, faz ponderações de cenários mais próximos à dinâmica de mercado, a fim de minimizar a margem de erro na previsão do volume de resíduos disponíveis para descarte (ABDI, 2012). A proposta, por consequência, leva mais dados de entrada em consideração, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Método suprimento de mercado.



Fonte: Adaptado de ABDI (2012).

O método de suprimento de mercado conta primeiramente com o volume de inserção do produto em um período de um ano. É preciso considerar também a balança comercial dos bens, por esse motivo soma-se o volume de importação e deduz-se os números de refrigeradores exportados.

Essa técnica exige que duas hipóteses críticas sejam assumidas. A primeira é de que um produto seja imediatamente descartado quando sua vida útil é alcançada. A outra, é a utilização de uma média para o tempo de duração do equipamento, ou seja, não considera as variações desse parâmetro (KAPOOR; YEDLA, 2011).

A fórmula para obtenção dos dados de volume de resíduos gerados pode ser vista na Equação 6.

$$V_{RD}(t + lc) = \frac{VOLUME\ DE\ VENDAS}{(1 - MERCADO\ CINZA)} + IMPORTAÇÃO - EXPORTAÇÃO \quad (6)$$

Onde:

- $t$  É o ano ano avaliado;
- $lc$  É o tempo de vida útil.

Esse último é o mais próximo de um cenário real que se pode chegar utilizando as metodologias apresentadas, pois com exceção da vida útil, todas as informações de entrada requeridas têm alto grau de precisão.

Além de abordar o mercado formalmente reconhecido e carregar os dados de entrada, esse método também reconhece a existência de um mercado não registrado e que tem uma fatia importante. Segundo a ABINEE (2012), a ilegalidade pode chegar a 30% no mercado de linhas de equipamentos eletro-eletrônicos.

Outro fator que encoraja a implementação deste método é a consideração da balança comercial do produto, pois os dados de exportação podem gerar um falso aumento no volume ao se considerar os registros de vendas como dados de entrada.

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia do trabalho. Para dimensionar o tamanho do negócio é importante que se tenha uma estimativa das variáveis que podem exercer influência sobre os indicadores financeiros que viabilizam a estrutura da operação.

É importante destacar que a partir deste capítulo serão utilizados dados de mercado de refrigeradores no Brasil entre 2014 e 2019 para estimar o volume gerado de compressores. Conforme apresentado na seção 2.5 deste trabalho, é esperado que para cada refrigerador exista ao menos um compressor fabricado.

A apuração de dados relevantes do mercado de compressores para o trabalho é bastante difícil. Um dos motivos é que são componentes de um bem de consumo durável segundo classificação do IBGE e portanto a apuração de pesquisas se estende ao produto final. Dessa forma, para contabilizar os compressores, um bom ponto de partida é aproximar-se dos números de refrigeradores (IBGE, 2012).

#### 3.1 ESCOLHA E APLICAÇÃO DO MÉTODO

Após avaliar os métodos existentes para realizar a previsão de volume de refrigeradores descartados por ano no país, foi feita uma análise para definir o método que seria utilizado neste trabalho.

A aferição do volume de resíduos gerados que, potencialmente, devem ser destinados ao descarte correto deve ser bastante apurada para que não cause instabilidade no programa de logística reversa. O dimensionamento do potencial mercado servirá de base para o planejamento da infraestrutura necessária, e principalmente para a validação de um Business Case atrativo.

Caso o volume seja calculado de forma que seja minimizado, a capacidade da cadeia produtiva pode ser insuficiente e haverá uma sobrecarga no sistema. Todavia, se for exageradamente valorizado é provável que o custo médio da



operação de logística reversa suba e afaste os stakeholders do programa (ABDI, 2012).

À vista disso, é necessário avaliar o método mais adequado para projetar o tamanho de mercado da logística reversa para o caso de refrigeradores. A fim de consolidar as informações para tomada de decisão, traz-se na Tabela 4 um comparativo.

Tabela 4 - Comparativo entre os métodos de previsão.

PARÂMETRO	MÉTODO			
	BASEADO EM VENDAS	CORREÇÃO DE MERCADO	USO E CONSUMO	SUPRIMENTO DE MERCADO
Saturação de Mercado	-	Sim	Sim	-
Número de casas (Famílias)	-	Sim	Sim	-
Vendas	Sim	Sim	-	Sim
Importação	-	-	-	Sim
Exportação	-	-	-	Sim
Vida Útil	-	-	Sim	Sim
Vantagem	Simplicidade	Não precisa da vida útil	Não usa dados de vendas	Mais próximo da realidade
Desvantagem	Muito impreciso	Precisa de estoque (casa e indústria)	Variáveis de entrada imprecisas	Usa vida útil como dado de entrada

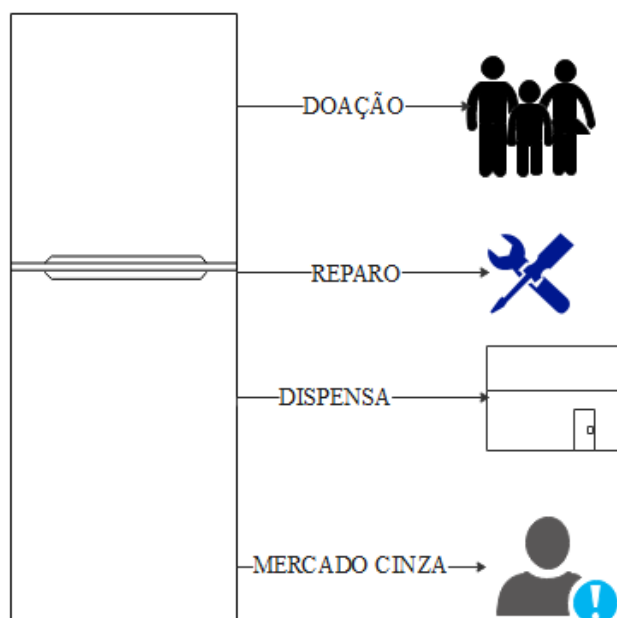
Fonte: Adaptado de ABDI (2012).

Como a comercialização de refrigeradores é um mercado bastante estabilizado, a utilização de qualquer um dos métodos seria possível. Por exemplo, um dado importante é a saturação de mercado, que pode ser um impeditivo para aplicação de alguns modelos, mas em 2018 os refrigeradores já estavam presentes em mais de 98,4% dos lares no Brasil (IBGE, 2012).

Outro ponto de incerteza pode ser o cálculo de vida útil, pois em linhas gerais é um dado relativo: alguns produtos, por exemplo, atingem o tempo de

duração estimado mas não necessariamente são descartados, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Opções de status para produtos em fim de vida.



Fonte: O autor (2022).

A disponibilidade de dados, o nível de assertividade e a consideração do mercado informal, aliado ao fato de computar a balança comercial entre produtos importados e exportados, faz com que dos métodos estudados, o Suprimento de Mercado seja bem indicado para estimar a demanda de resíduos de um produto. Por esse motivo, escolheu-se utilizar esse método neste trabalho.

A seguir, será apresentado um estudo de caso e aplicação da metodologia aqui proposta, considerando dados reais do cenário de refrigeradores no Brasil.

#### 4. ESTUDO DE CASO

Nessa seção será apresentado um estudo de caso feito com um fabricante no sul do Brasil, produtor de compressores e refrigeradores. Além disso, a empresa

é responsável por 40% do volume do mercado de refrigeradores e está inserida no mercado brasileiro há mais de quarenta anos.

Também se estudou uma empresa com presença em alguns estados do território brasileiro, que inicialmente foi criada para focar em reciclagem de sistemas de refrigeração. Atualmente a empresa tem se desenvolvido para atender o mercado de reciclagem, reparo e remanufatura.

Em uma das unidades realizava-se a desmontagem de compressores herméticos de refrigeração, capturados através de um trabalho de logística reversa. Os equipamentos processados poderiam ser de qualquer fabricante e eram completamente reciclados. Uma segunda linha de produção era responsável pela reciclagem dos produtos de linha branca como lavadoras, secadoras, freezers e geladeiras.

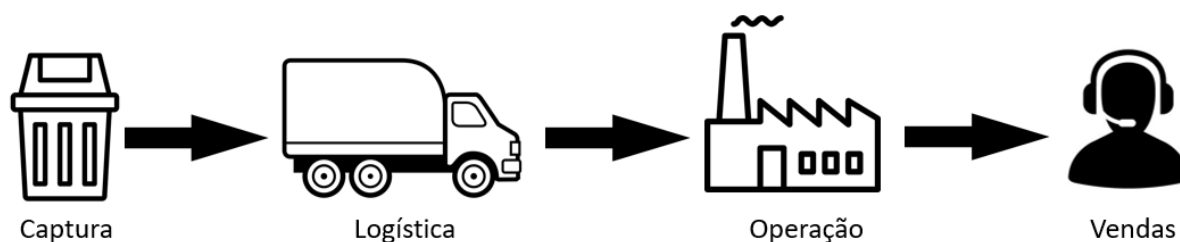
Os materiais recuperados poderiam ser comercializados como venda de matéria prima e sucata, reprocessados internamente para aproveitamento da empresa ou até mesmo ressignificados para uma nova aplicação de engenharia dentro ou fora do setor de eletrodomésticos.

Além da equipe de operação nas linhas de produção, uma equipe administrativa fazia a gestão de diversas atividades tais como: Vendas, Logística, Desenvolvimento de Produto e Gestão do Negócio que serão descritas a seguir.

#### 4.1. DIVISÃO DA OPERAÇÃO

O processo do caso analisado pode ser entendido primeiramente como quatro divisões maiores que compõem uma operação completa de logística reversa. O fluxo de atividades está ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Macro divisão da operação.



Fonte: Autor (2022).

Embora as principais operações estejam representadas na imagem, cada uma das divisões possui outras tantas atividades necessárias para sustentação do negócio. Por exemplo, em logística, além da negociação e planejamento, existe um estudo de demanda, processos de rotina para emissão e pagamento de notas fiscais e outras atividades que não são escopo deste trabalho.

#### 4.2. CAPTURA

A captura consiste na prospecção e abastecimento de produtos para a linha de desmontagem. Essa pode ser considerada uma atividade crítica para o mantimento da operação devido à dificuldade de encontrar produtos em volumes significativos numa mesma região. A partição de cargas menores e mais áreas de coleta representa um aumento no custo unitário da compra de cada compressor.

Com a experiência e os anos de atuação no mercado, as empresas entendem que a complicação dessa etapa está também relacionada com a cultura local e a falta de instrução correta que se dá à população para destinar produtos corretamente ao final de sua vida útil.

O descarte de produtos de interesse dessa operação existe em alto volume no mercado brasileiro, como visto no capítulo anterior. Entretanto, percebe-se que esses compressores são destinados erroneamente no mercado informal de sucata, com um alto índice de dispersão, ou seja, se concentram baixos volumes em muitos coletores.

O consumo interno no Brasil ficou bastante saturado na última década. A troca de eletrodomésticos com objetivo de atualizar o produto é menos frequente no mercado nacional conforme visto na seção 3.1.3. Isso afeta inclusive a penetração

de tecnologias avançadas, que poderiam ter crescimento mais rápido nos resultados de vendas.

Realizaram-se diferentes atividades em procura de novos clientes para o aumento do portfólio de produtos na área, tais como pontos de coletas estratégicos em grande centro, melhor compensação financeira comparada com o mercado informal e também se atuou com projetos sociais, por exemplo: a Semana do Lixo Zero, em parceria com universidades e o Perini Business Park.

### 4.3 LOGÍSTICA

A operação de logística é responsável pelo transporte dos materiais comprados para abastecimento das linhas de produção. Portanto, nessa fase os produtos coletados na captura são levados até a fábrica da empresa para serem processados.

Esse processo era gerido por dois analistas e um estagiário. As principais atividades eram: PCP, realização de pagamentos, gestão de parceiros logísticos (transportadoras e armazéns), agendamento de coletas e programação de janelas de carregamento e descarregamento.

O ponto mais crítico dessa fase foi brevemente mencionado na seção anterior. O volume de produtos capturados individualmente por cada coletor é baixo. Todavia, o número de coletores acabou se mostrando bastante alto, e isso não é o mais desejável sob o ponto de vista de logística, pois a descentralização aumenta a complexidade da operação.

Com o desenvolvimento do negócio, o volume de captura foi crescendo e isso chamou atenção de alguns fornecedores mais fortes e que tinham maior relação com os coletores informais de sucata. Dessa forma, a estratégia do negócio foi dar mais poder de negociação para esse intermediário, e conseqüentemente ter maior concentração de produtos num ponto único de coleta.

De fato, com a inclusão de uma nova camada de fornecedores no processo, os volumes prospectados tiveram mais densidade numa única região e possibilitaram a otimização do processo de logística. Entretanto, essa decisão vem acompanhada de um trade off no custo. Ou seja, adicionando uma nova parte na

cadeia, o custo de operação naturalmente seria elevado e o processo se tornaria mais caro.

Esse acabou se tornando um dos maiores desafios da operação: Capturar altos volumes com alto preço, ou baixa capacidade de coleta com preços mais acessíveis. Isso acaba sendo um ponto de monitoramento constante, pois as margens de contribuição do processo de reciclagem não são as mesmas de uma operação convencional.

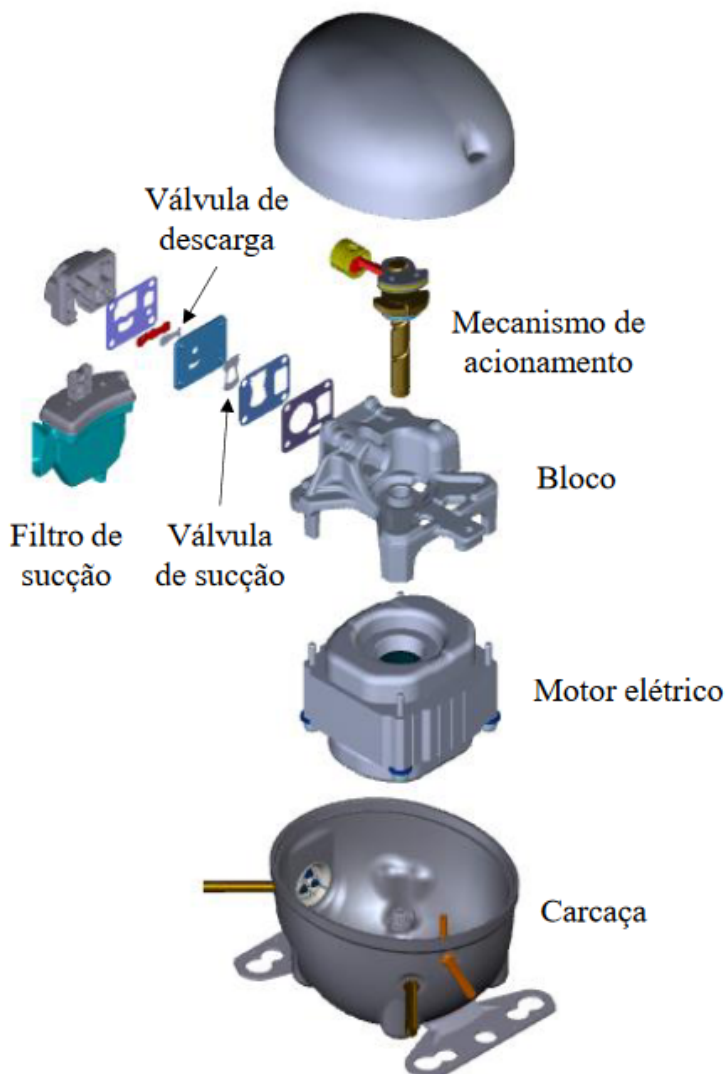
#### 4.4. OPERAÇÃO

A operação era responsável pelo recebimento e desmontagem de todos os produtos, garantindo a sua descaracterização e geração de materiais para venda de produtos inovadores, reaproveitamento de matéria prima ou destinação de materiais. Uma vista detalhada do compressor e seus componentes pode ser vista na Figura 13.

Os compressores de refrigeração são envoltos por uma carcaça de ferro ou aço, fechada hermeticamente por meio de um processo de soldagem. Esse isolamento é também o ponto de partida para o processo de desmontagem de um compressor. Essa etapa é bastante perigosa pois pode gerar chamas.

Outra razão que eleva o zelo com a etapa de abertura é o próprio óleo em si. Uma vez que o corte da tampa é finalizado, o compressor deve ser virado em um coletor por alguns segundos para que o óleo no interior do compressor seja descartado corretamente.

Figura 13 - Vista explodida de um compressor de refrigeração comum.



Fonte: Ferreira (2014, p. 35).

Além de ser fundamental para todo o negócio, a destinação adequada de cada um dos materiais é um ponto crítico do ponto de vista ambiental. Por esse motivo, todo o fluido dos coletores deve ser bombeado para um tanque maior para que possa ser vendido. O chão de fábrica também precisa ser coberto com uma camada de impermeabilizante, e placas de sinalização e classificação precisam ser implementadas no setor.

#### 4.5. VENDAS

A área de vendas era responsável por fazer a comercialização de todos os materiais gerados na operação de desmontagem de compressores. É interessante que 100% dos produtos eram reaproveitados, incluindo as embalagens.

A política de preços deve ser guiada pela cotação dos materiais na LME – London Metal Exchange. Por se tratar de commodities, os valores são sempre influenciados pela taxa de câmbio e sofrem impactos diretos de questões políticas e socioeconômicas.

#### 4.6. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES E PRODUTOS

Uma forma de incluir valor agregado aos produtos reciclados é a transformação em novas aplicações. Por exemplo, o reaproveitamento de rotores e estatores para fabricação de novos motores como citado. Embora seja o mesmo produto, a aplicação muda e conseqüentemente o nicho de mercado possui outro valor agregado.

#### 4.7. GERAÇÃO DE MATERIAIS POR PRODUTO

A avaliação do programa estudado foi feita com base na linha de desmontagem de compressores. Os principais motivos dessa escolha são a maior capacidade de processamento, maior receita, e maior geração de valor de reciclagem tanto para matéria prima quanto para produtos inovadores.

Para compreender a geração de valor de valor financeiro que envolve a operação, é preciso mensurar os materiais que podem ser extraídos durante o processo de recuperação do produto. Portanto, essa seção faz um levantamento do potencial de volume por compressor reciclado.



#### **4.7.1. Metodologia da BOM**

A primeira forma de estimar a quantidade de material aplicada em cada compressor seria fazer uma análise olhando para o cadastro do produto em termos de manufatura. Cada modelo possui um documento chamado de BOM (Bill of Material), onde está descrito a relação de cada material por quantidade, necessário para a produção de um lote daquele produto.

Uma vez que a empresa está reciclando uma mercadoria que também produz, é possível cruzar a informação com a BOM e calcular quanto de cada material será recuperado a partir de modelo de compressor. Apesar de ser uma solução possível, essa abordagem restringiria a precisão da estimativa apenas aos modelos que ela mesma produz.

O ideal para implementação de negócio de logística reversa como esse é que exista versatilidade na capacidade de processamento da linha de desmontagem. Isto é, os modelos reciclados devem ser não só apenas os do próprio fabricante, mas também de outros competidores. Dessa forma, aproximar a quantidade de material baseado na BOM seria uma análise um pouco grosseira.

#### **4.7.2. Metodologia da Produção em Massa**

Outra possibilidade para apuração do volume de matéria prima é realizar a produção de um lote de compressores obsoletos e aferir a quantidade de cada elemento gerado no processo. Essa metodologia funciona apesar de também ser uma aproximação rudimentar.

O problema de implementar esse método é que não haverá distinção entre modelos ou fabricantes. Logo, não é possível gerar uma validação para que se tenha um panorama dos maiores contribuintes do processo.

Esse tipo de análise é importante por vários motivos, o primeiro deles é que é possível direcionar a produção para que se atinja a meta de recuperação de um material específico por exemplo. Isso acontece devido a valorização de um metal em relação a outro, ou para atender a demanda de algum cliente representativo.

Outra razão de avaliar a geração de matéria prima por modelo e fabricante é a possibilidade de identificar na captura oportunidades de negociação que irão beneficiar o custo do negócio. Por exemplo, comprando compressores obsoletos com maiores quantidades de materiais nobres por menor valor, faz com que a margem de contribuição por produto cresça e aumente a lucratividade.

#### **4.7.3. Metodologia da Separação por Famílias e Modelos**

Dadas as limitações dos métodos anteriores, propôs-se a aplicação de um método baseado no estudo do mercado. Esse modelo irá gerar uma demanda pontual de alguns dias para que se conclua o estudo dirigido de amostras disponíveis de alguns lotes de captura.

Em sua essência, a técnica sugerida trata da geração de um banco de dados contendo registros de diversos modelos e fabricantes. A análise não englobou apenas o estudo da quantidade de material, mas também considerou alguns outros aspectos como:

- Dimensões do produto acabado;
- Dimensões de peças;
- Método de processamento;
- Mapeamento de riscos de segurança e ambientais;
- Tempo de processamento estimado.

Nesse contexto, separou-se oito famílias de compressores para serem processados, com uma média de cinco modelos por família. Para cada modelo, foram estudadas 30 unidades do produto, com objetivo de minimizar os desvios da medição.

Para que o tempo de desmontagem fosse estimado, os compressores foram submetidos por lotes do mesmo modelo. Primeiramente foram processados como num fluxo normal de operação, e posteriormente feitas as medições necessárias.

Cada modelo foi previamente estudado, para que se identificassem os métodos de processamento. Os resultados da quantidade de material por compressor estão expressos na Tabela 6.

Tabela 5 - Resultados do experimento quanto a quantidade de materiais por compressor.

MATERIAL	QUANTIDADE (kg)
Aço	3,6122
Aço para fins elétricos	3,0611
Alumínio	0,2020
Cobre	0,3122
Ferro Fundido	1,0844
Plásticos	0,0511
Óleo	0,100

Fonte: O autor (2022).

O preço de mercado dos materiais precisa ser considerado para que se estime o valor agregado da reciclagem. Para isso, utiliza-se a evolução do custo de matéria prima disponibilizado pela London Material Exchange (LME). Os preços de venda do produto reciclado precisam ser praticados em cima de uma porcentagem da recomendação da LME. Dessa forma, a negociação desse valor se torna peça fundamental na maximização da receita líquida.

Na Tabela 7 traz-se um cenário real de preços praticados no mercado no ano de 2022, com base no estudo de caso da referida empresa. Os valores foram obtidos em conversa com o negociador especialista da carteira de vendas de resíduos do caso estudado, portanto, estão alinhadas com o mercado de sucata.

Tabela 6 - Preço por kg de material gerado.

MATERIAL	Preço (R\$/kg)
Aço	2,00
Aço para fins elétricos	2,40
Alumínio	5,50
Cobre	47,00

Ferro Fundido	2,00
Plásticos	0,20
Óleo	0,20

Fonte: O autor (2022).

Baseado nos valores levantados nesse caso, é possível calcular o potencial de receita que pode ser gerada por unidade de compressor reciclado. Para isso, utiliza-se o valor de cada material gerado e seu peso, conforme Equação 7.

$$Receita\ por\ compressor(R\$) = \sum Pre\c{c}o\ do\ material \cdot Qtd\ de\ material \quad (7)$$

Utilizou-se a Tabela 8 para compilar os valores referentes a aplicação da Equação 7. É interessante ressaltar que a variável da equação está na quantidade de materiais extraídos do compressor. Isso reafirma a importância de conhecer o mercado e direcionar a captura do produto de forma que se possa expandir a receita.

Tabela 7 - Potencial receita por compressor.

MATERIAL	QUANTIDADE (kg)	Preço (R\$/kg)	Preço (R\$/compressor)
Aço	3,6122	2,00	7,22
Aço para fins elétricos	3,0611	2,40	7,35
Alumínio	0,2020	5,50	1,11
Cobre	0,3122	47,00	14,67
Ferro Fundido	1,0844	2,00	2,17
Plásticos	0,0511	0,20	0,01
Óleo	0,100	0,20	0,02
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 32,55</b>

Fonte: O autor (2022).

Tem-se agora o resultado médio de receita por compressor. Na seção 3.2.5 foi definido o método para estimar o volume de refrigeradores disponíveis para reciclagem em um ano qualquer. O produto desses dois resultados será o tamanho financeiro do mercado de reciclagem de compressores, conforme a Equação 8.

$$Receita\ anual\ (R\$)\ =\ V_{RD}(2019)\ \cdot\ \sum\ Preço\ do\ material\ \cdot\ Qtd\ de\ material\ \quad (8)$$

É fundamental que se destaque a possibilidade de agregar valor a esse produto, fazendo não apenas a venda dos materiais como sucata, mas também transformando-o em novos componentes ou até mesmo fazendo reaproveitamento nas linhas de produção.

## **5. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Posterior a revisão bibliográfica que fundamenta o estudo deste trabalho, e da apresentação dos modelos considerados na análise e a aplicação em um estudo de caso, este capítulo irá abordar a discussão dos resultados obtidos através dos métodos apresentados

### **5.1. QUANTO AOS DADOS DE ENTRADA**

Além do cuidado necessário para avaliar qual modelo de projeção deve ser escolhido, é também fundamental que se tenha uma análise crítica em relação aos dados de entrada que são coletados para o cálculo. Portanto, essa seção visa fazer uma análise crítica de algumas informações base usadas neste trabalho.

#### **5.1.1 Importação e Exportação**

Para realizar a aplicação da metodologia, utilizou-se os dados da plataforma SIDRA (2022) para Pesquisa Industrial Anual, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os valores já computam as vendas do mercado interno, logo a exportação não precisa ser descontada. Entretanto, os volumes de importação precisam ser levantados.

Segundo Mascarenhas (2005), o Brasil é um país fechado para importação de eletrodomésticos de linha branca. Os principais motivos são as taxas oneradas ao importador desde a implementação do plano real. É esperado que a venda de produtos importados não ultrapasse 100 mil unidades por ano

O mercado de bens de consumo para eletrodomésticos importados é bastante restrito, principalmente por incentivo das taxas de câmbio flutuantes. Dessa forma, esse comércio se torna bastante exclusivo e atende apenas classes sociais mais altas (MASCARENHAS, 2005). Na Figura 14 apresenta-se uma simulação para importação de refrigeradores.

Figura 14 - Simulação tributária da Importação de refrigeradores no Brasil.

## ■ Dados da Simulação

<b>Código NCM</b>	8418.10.00		
<b>Descrição NCM</b>	- COMBINAÇÕES DE REFRIGERADORES E CONGELADORES (FREEZER)		
<b>Taxa de Câmbio do Dia 20/2/2022</b>	R\$ 1,0000		
<b>Valor Aduaneiro Convertido</b>	R\$100.000,00		
<b>Alíquota II (%)</b>	<input type="text" value="18,00"/>	<b>Tributo II</b>	R\$ 18.000,00
<b>Alíquota IPI (%)</b>	<input type="text" value="15,00"/>	<b>Tributo IPI</b>	R\$ 17.700,00
<b>Alíquota PIS (%)</b>	<input type="text" value="2,10"/>	<b>Tributo PIS</b>	R\$ 2.100,00
<b>Alíquota COFINS (%)</b>	<input type="text" value="9,65"/>	<b>Tributo COFINS</b>	R\$ 9.650,00

Fonte: Ministério da Economia (2022).

Para um valor de importação de R\$ 100.000,00 se gastaria 18% apenas com a taxa de importação. Adicional a esse montante estão os custos da operação logística, impostos internos de comercialização e riscos da variação do câmbio. Em decorrência dos altos custos de importação no Brasil, para se tornar competitivo, é necessário trabalhar com 65% do custo do produto equivalente e produzido no país (MASCARENHAS, 2005).

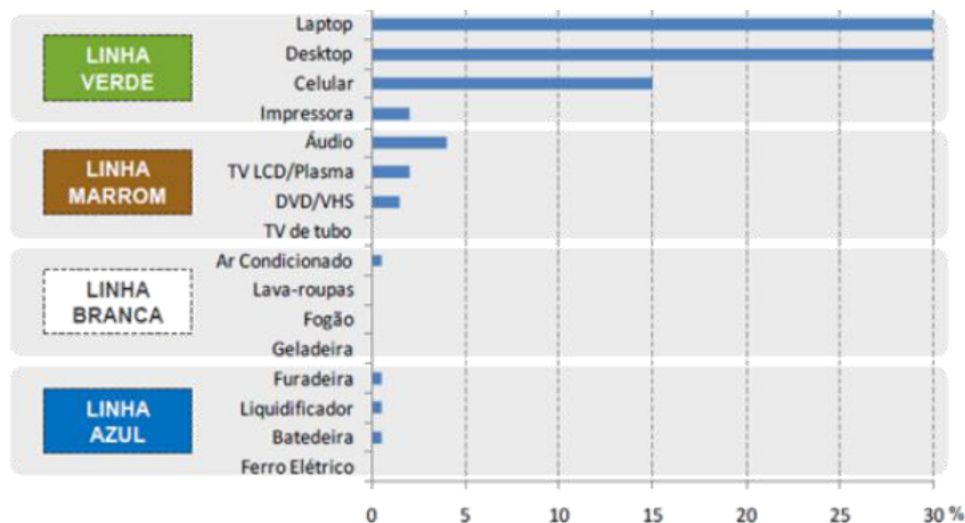
A realização da análise da importação de refrigeradores no Brasil permite concluir que o volume de compressores importados não é relevante a ponto de influenciar na dinâmica do mercado interno.

### 5.1.2 Mercado informal

Como uma das possibilidades é o mercado informal, uma metodologia que leve essa opção em consideração é bem-vinda quando se faz a previsão de resíduos de algum produto. Considerar essa parcela faz com que aumente a demanda gerada, e isso é coerente para o cálculo de volume.

Contudo, para o setor de linha branca há indícios de que esse número não é representativo, como pode ser visto na Figura 15. É importante destacar que não existem muitos estudos abordando o tamanho do mercado ilegal especificamente de refrigeradores, e por não existirem dados mais recentes para o mercado informal de eletroeletrônicos, foram utilizados os dados do estudo de caso para fim de cálculo.

Figura 15 - Mercado informal de Eletroeletrônicos.



Fonte: ABDI (2012).

De fato, os dados apresentados apontam uma tendência de que o mercado cinza não é volumoso no setor de linha branca, assim como no setor de celulares e computadores, por exemplo. Entretanto, em entrevistas realizadas com especialistas de vendas das empresas do estudo de caso deste trabalho, que são responsáveis pelas carteiras de refrigeradores e compressores, entendeu-se que é utilizado até 5% para o tamanho deste setor nos estudos de inteligência de mercado. Nesse sentido, foi atribuído este valor de 5%, que é maior que os dados sugeridos pela ABDI em 2012.

### 5.1.3 Volume de Vendas 2004

O refrigerador é considerado um bem durável, na classificação de mercadorias com uma vida útil esperada de mais de um ano (IBGE, 2012). O método de Suprimento de Mercado leva esse critério em consideração, projetando a demanda para o próximo ciclo de descarte. Por esse motivo, escolheu-se aplicar os dados de 2004 (Tabela 8), o qual será base para projetar o volume para descarte em 2019.



Tabela 8 - Volume do Mercado de Refrigerados no Ano de 2004.

	VOLUME VENDIDO
Geladeira	3.638.000
Freezer Horizontal	264.000
Freezer Vertical	166.000

Fonte: Adaptado de Mascarenhas (2005).

Considerando um ciclo de vida de 15 anos, essa fotografia permite dimensionar o tamanho do mercado pré-pandemia do COVID-19. Optou-se por deixar fora das análises deste trabalho as estimativas referentes aos anos de 2020 e 2021, pois é possível que os eventos causados pela crise do coronavírus deixassem distorções pontuais no comportamento de consumo desses produtos.

#### 5.1.4. Volume de Vendas 2014

Entende-se que um cenário de vendas mais recente também precisa ser avaliado para que se possa observar a existência de algum comportamento muito diferente nos padrões de consumo. Este fator pode influenciar diretamente na demanda de resíduos de compressores. Por exemplo, na Figura 16, é possível perceber que o volume de vendas aumenta consideravelmente comparado ao ano de 2004.

É possível consultar os números de vendas a partir do ano de 2014 na plataforma SIDRA disponibilizada no site do IBGE. Contudo, a disponibilidade de dados é bastante dificultosa até o ano de 2013, e não foram encontrados registros oficiais nesse período.

Figura 16 - Venda de refrigeradores no Brasil em 2014.

2014	
2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)

Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA (2022).

Em 2004 a saturação de mercado já era de 90% (MASCARENHAS, 2005). Logo, o aumento das vendas não é justificado apenas pela expansão do mercado. Podem existir algumas hipóteses que justifiquem esse fato, como a possibilidade da diminuição da vida útil, o número de pessoas por família estar se dividindo, ou o estoque por domicílio pode ter aumentado.

## 5.2. ESTIMATIVA DO VOLUME DE DESCARTE EM 2019

Como o método de suprimento de mercado leva em consideração o tempo de vida útil do produto, o cálculo se torna uma projeção futura que faz uso de dados retroativos. Por exemplo, o número de refrigeradores disponíveis para reciclagem no ano de 2015, é estimado com base nos dados de 2000, pois o tempo de vida considerado é de quinze anos.

Para calcular os dados de 2019, é necessário que se utilize os dados da Tabela 8. Dessa forma, faz-se uso da Equação 6 para obtenção do volume de resíduos de refrigeradores naquele ano.

$$V_{RD}(2004 + 15) = \frac{4068000}{(1-0,05)} + 0 - 0 \quad (9)$$

$$V_{RD}(2019) \approx 4.282.105 \text{ unidades.} \quad (10)$$

O próximo passo é utilizar a Equação 8 para calcular a receita estimada do volume de REEE obtido, conforme a Equação 11.

$$\text{Receita anual (R\$)} = 4.282.105 \text{ unid} \cdot \text{R\$ } 32,55 \quad (11)$$

$$\text{Receita anual (R\$)} = 139.382.517,75 \quad (12)$$

Estima-se através das análises, que existiu um potencial volume na ordem 4,28 milhões de compressores que deveriam ser corretamente destinados para descarte no Brasil. Esse montante, tem potencial para gerar uma receita de mais de cem milhões de reais, considerando apenas a separação e revenda dos materiais como sucata.

É importante levar em consideração que apesar de os dados de volume serem referentes ao ano de 2019, os dados de preço por kg de material são de 2022, portanto pode-se considerar uma análise coerente com a atualidade.

### 5.3. ESTIMATIVA DO VOLUME DE DESCARTE EM 2029

Planejou-se realizar a projeção do volume de refrigeradores descartados entre os anos de 2019 a 2030. Assim, seria possível analisar anualmente a receita de um programa de Logística Reversa aplicado ao mercado de compressores de refrigeração.

Conforme descrito na seção 5.1.4, as informações de vendas de 2005 a 2013 não estão disponíveis nos indicadores de vendas oficiais. Dessa forma, não foi possível estimar os volumes de refrigeradores disponíveis para reciclagem entre os anos de 2020 a 2028. Portanto, desenvolveu-se a projeção com os dados a partir de 2014 mostrados no Anexo A.

É coerente destacar alguns fatores nessa análise para que se tenha um melhor entendimento do mercado. O primeiro, é que a geração de resíduos deverá ter um grande crescimento, pois de fato acompanha também o volume de vendas que quase duplicou em dez anos.

Outro fator importante, é que o mercado de refrigeração é bastante sólido e apresenta alto nível de saturação. Logo, é esperado que os volumes nos anos de 2020 a 2028 sigam a mesma ordem de grandeza dos números apresentados na

Figura 17. Também é importante ter a dimensão do mercado em anos mais distantes, para que se tenha um planejamento estratégico bem definido a curto, médio e longo prazo.

Utilizou-se novamente a Equação 6 para obtenção do volume de resíduos de refrigeradores no ano de 2029.

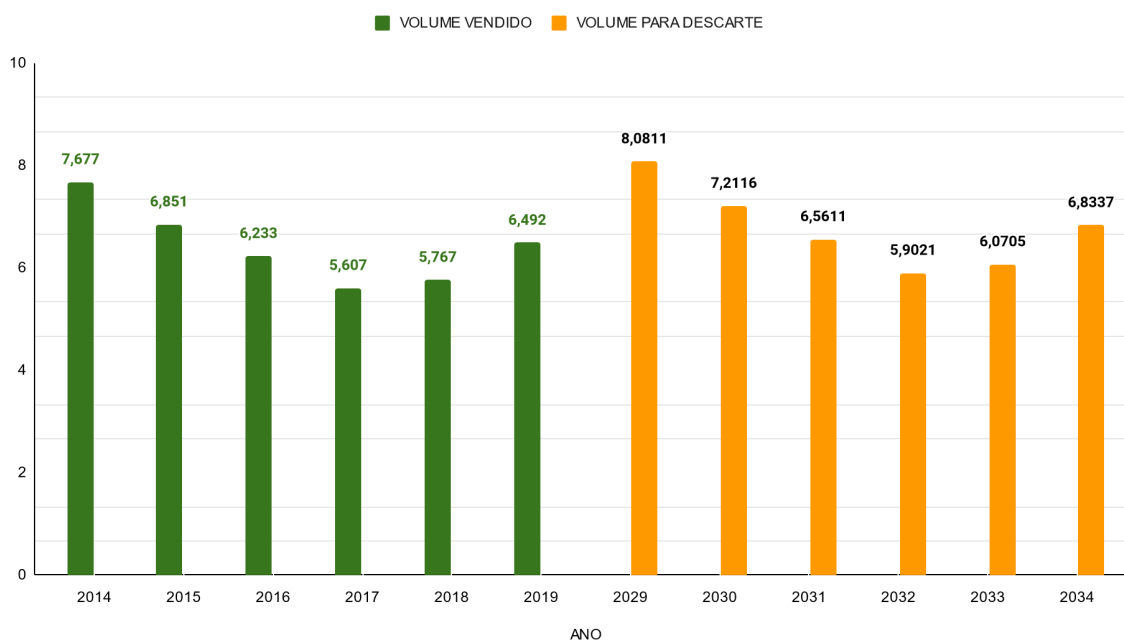
$$V_{RD}(2014 + 15) = \frac{7677000}{(1-0,05)} + 0 - 0 \quad (13)$$

$$V_{RD}(2029) \approx 8.081.052 \text{ unidades.} \quad (14)$$

Interessante perceber que comparado ao resultado de 2019 apresentado na seção 5.2, o volume de refrigeradores descartados tende a duplicar. À vista disso, percebeu-se a necessidade de projetar a tendência da geração de resíduos de refrigeradores em alguns anos.

Baseado nos dados do ANEXO A, estima-se que a produção de resíduos desses produtos se aproxime dos valores apresentados na Figura 17.

Figura 17 - Previsão de volumes (milhões) de compressores por ano.

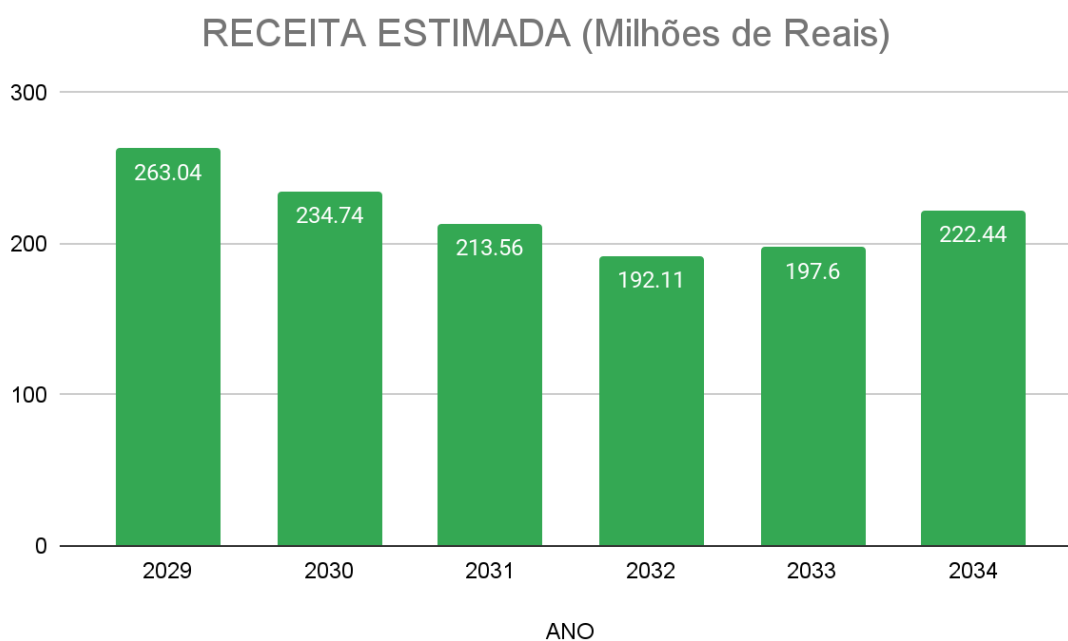


Fonte: O autor (2022).

A primeira observação que se fez analisando o gráfico de previsão de volume de compressores por ano, é que existe um acréscimo de cerca de 5,2% no volume de resíduos comparado ao número de vendas. De fato, esse comportamento é esperado como resultado do mercado cinza ter sido considerado no estudo. A segunda observação é que em nenhum outro momento os volumes tendem a dobrar, ou seja, entre os de 2004 e 2014, existiu um crescimento de cerca de 88,7%, que se estabilizou nos anos seguintes.

É possível perceber que existe maturidade no comportamento do consumo de refrigeradores, pois os números não são instáveis. Todavia, a partir do ano de 2014, o volume de vendas caiu por três anos consecutivos, e voltou a crescer nos anos seguintes. Os resultados financeiros podem ser observados na Figura 18.

Figura 18 - Estimativa de receita por ano.



Fonte: O autor (2022).

O período que se observa um recolhimento do mercado, é reflexo dos anos marcados por inseguranças políticas e econômicas. Portanto, pode-se entender que o volume de refrigeradores para descarte também será influenciado pelo momento

socioeconômico do país, embora seus efeitos sejam manifestados de forma mais demorada.

É importante destacar que os resultados apresentados são estimativas, obtidas a partir do método de previsão de demanda de resíduos, chamado neste trabalho de suprimento de mercado. Logo, espera-se que a ordem de grandeza esteja de fato aproximada do cenário real, embora admita-se que exista uma margem de erro proveniente dos dados de entrada utilizados no cálculo.

Ainda que existam essas variações, o mercado apresenta números bastante significativos como observa-se na Figura 18, e que aliados a um programa de logística reversa e reciclagem dos produtos se tornam uma oportunidade de negócios interessante. Além disso, essa iniciativa pode desempenhar um papel social e ambiental de difícil mensuração, mas muito importante no contexto atual.

## **6. CONCLUSÃO**

O descarte de equipamentos eletroeletrônicos tem crescido de maneira preocupante nos últimos anos, e se tornado pauta na maior parte dos debates ambientais no mundo. A geração de lixo a partir desses produtos, é um ponto de atenção que deve ser monitorado e bem gerido tanto pelas iniciativas públicas, quanto privadas.

Os resíduos de compressores têm papel importante nesse cenário não apenas pelo volume, mas também pela oportunidade financeira proveniente do correto descarte deste produto. Embora não se tenha avaliado a viabilidade econômica do negócio, a receita estimada é encorajadora para que se aprofunde o tema em outros projetos.

O caso estudado neste trabalho prospectou a captura de compressores por um custo médio de R\$ 17,00. Como apresentado no capítulo 5, estima-se que, em média, cada compressor reciclado possa trazer uma receita bruta de R\$ 32,55, considerando apenas a separação adequada dos materiais.

Além da venda de sucata também percebeu-se duas oportunidades que podem maximizar esse ganho. A primeira é a venda de produtos novos, como o

núcleo do motor pode ser aproveitado em outros produtos como ventiladores, por exemplo. Outro potencial ganho, é a cobrança pelo serviço prestado ao distribuidor ou fabricante, caso o processo não seja verticalizado pela própria empresa.

Embora a oportunidade financeira seja bastante atrativa, observou-se no estudo de caso algumas barreiras que desincentivam o desenvolvimento do negócio. Algumas delas são a adequação da operação às leis ambientais e também de segurança do trabalho, que podem ser trabalhosas e necessitam de um investimento inicial não avaliado neste trabalho.

Além disso, o principal impeditivo observado foi a dificuldade de capturar altos volumes para processamento. Encontrar compressores no mercado de sucata não é o problema, mas sim a competição com o mercado informal. Os recicladores informais conhecem bem o produto, e a maioria tem preferência por realizar a desmontagem do produto internamente, ao invés de vender para uma indústria especializada.

Por exemplo, enquanto a empresa de reciclagem tenta comprar o compressor por R\$ 17,00 para reaproveitamento, o reciclador tem a opção de processar internamente e ficar com a receita de R\$ 32,55 reais.

Além das questões financeiras, esse cenário acaba criando um problema ambiental bastante grande, pois os catadores de sucata informal não possuem a infraestrutura necessária para realizar esse tipo de serviço. Em visitas técnicas, se pode perceber alguns destes inconvenientes, por exemplo o derrame de óleo em rios ou no solo sem tratamento.

Outro problema gerado está relacionado com a existência de componentes de difícil reaproveitamento, que acabam sendo simplesmente descartados a céu aberto. Exemplo disso é o poliuretano, que é um material polimérico altamente inflamável e com poucas aplicações de reciclagem.

O processo de desmontagem de compressores em si, também pode representar riscos de segurança ao trabalhador. A abertura desses produtos deve ser controlada devido a agressividade do processo. O óleo presente no compressor pode entrar em ignição e causar chamas durante a operação. Também há registros de acidentes de trabalho relacionados a ferramentas de corte ou pequenas prensas.

Assim, conclui-se que a oportunidade de negócios voltados à reciclagem de compressores através da logística reversa, deve estar aliada com a correta implementação da legislação e fiscalização do setor informal. De fato, a existência de um mercado cinza de desmontagem de produtos obsoletos, acaba por si só criando concorrência para o desenvolvimento do setor de economia circular.

Desta forma, é indicado para futuras pesquisas a análise de viabilidade econômica do negócio; um estudo mais aprofundado do mercado informal de desmontagem de compressores obsoletos; o estudo com outros produtos da linha branca ou outras linhas de equipamentos eletroeletrônicos.



## REFERÊNCIAS

ABINEE. **Cenário para indústria eletroeletrônica**. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/dados/siee.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. ABDI. **Logística Reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília: ABDI, 2012.

ALCÂNTARA, C. D.; ALBUQUERQUE, D. P. L. **Análise do potencial da indústria da Linha Branca no Ceará - Textos para discussão do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. Governo do Estado do Ceará e Secretaria do Planejamento e Gestão-SEPLAG.2008. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/textos\\_discussao/td\\_42.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/textos_discussao/td_42.pdf)>. Acesso: 05 fev. 2022.

ALBERGONI, L. Panorama setorial: o setor de Linha Branca pré-redução do IPI. *Vitrine da Conjuntura*, Curitiba, v.2, n.5, julho 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, p. 6. 2004.

BALDÉ, C. P.; KUEHR, R.; BLUMENTHAL, K.; FONDEUR GILL, S.; KERN, M.; MICHELI, P.; MAGPANTAY, E.; HUISMAN, J. **E-waste statistics**: Guidelines on classifications, reporting and indicators. United Nations University, Bonn: IAS-SCYCLE, 2015.

BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The global e-waste monitor**. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, 2017.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BLOCH, H.; HOEFNER, J. **Reciprocating Compressors**: Operation and Maintenance. Woburn, EUA: Elsevier Science, 1996.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimentos. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa N° 24, de 21 de Novembro de 2019, Diário Oficial da União, Brasília, 21 nov. 2019. Disponível em:

<<https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-24-de-21-de-novembro-de-2019-229118595>>. Acesso em: 14 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia. Simulador do tratamento tributário e administrativo das importações. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Aplicacoes/ATRJO/SimuladorImportacao/default.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2022.

CHAVES, G. L. D; BATALHA, M. O. Os Consumidores Valorizam a Coleta de Embalagens Recicláveis? Um Estudo de Caso da Logística Reversa em uma Rede de Hipermercados. **Gestão e produção**. v.13, n.3, p.423-434, set./dez., 2006.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 3 ed. São Paulo: Pioneira, 2002.

CLUBE DA REFRIGERAÇÃO. **Termodinâmica**: Entenda o que é esse ramo da ciência e as suas aplicações na refrigeração. Por Embraco. Disponível em: <<https://refrigerationclub.com/pt-br/termodinamica-entenda-o-que-e-esse-ramo-da-ciencia-e-as-suas-aplicacoes-na-refrigeracao/>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N; BERNARDES, A. M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, Porto Alegre, v. 174, n. 10, p. 7-16, 2017.

DINIZ, M. C. **Análise numérico-experimental de compressores alternativos em transientes periódicos típicos de refrigeradores domésticos**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Electronic waste management in the United States, Approach 1 e 2, Estados Unidos. 2007.

FERREIRA, W. M. **Otimização do sistema de sucção de um compressor alternativo de refrigeração doméstica**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Fabricante de fogões Mabe, dona da marca GE no Brasil, pede recuperação judicial**. Folha de São Paulo. 05 maio. 2013. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/05/1273038-fabricante-de-fogoes-mabe-dona-da-marca-ge-no-brasil-pede-recuperacao-judicial.shtml>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

FULCO, E. R. **Esforços dinâmicos transmitidos do conjunto eixo-rotor flexível ao bloco de compressores herméticos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

GOMES, F. A. M. **Descarte racional de componentes eletrônicos com geração de insumos, subprodutos e produtos manuais de referência técnica.** 2015. Dissertação (Mestrado em Inovação Tecnológica) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2015.

GOSNEY, W. Principles of Refrigeration. [S.l.]: Cambridge University Press, 1982. ISBN 9780521236713.

HARA, C. M. **Logística: Armazenagem, Distribuição e Trade Marketing** - Campinas, São Paulo: Editora Alínea, 2005.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101629.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação por grandes categorias econômicas - CGCE - IBGE.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em <[https://ftp.ibge.gov.br/Informacoes\\_Gerais\\_e\\_Referencia/Classificacoes/CGCE/cgce.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Informacoes_Gerais_e_Referencia/Classificacoes/CGCE/cgce.pdf)>. Acesso em 20 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e os produtos.** Rio de Janeiro: IBGE 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7752#resultado>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

KAPOOR, H., YEDLA, S. Development of methodology for E-Waste estimation - A material flow analysis Based SYE-Waste Model. **Indira Gandhi Institute of Development Research.** p. 386-387. 2011.

LAZZARIS, L. C. **Simulação numérica do desempenho termodinâmico de um compressor alternativo hermético de refrigeração com dupla sucção.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade.** 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

IBRAHIN, F. I. D. BARBOSA, R. P. Resíduos Sólidos. São Paulo: Editora Érica, 2014. E-book.

INAN, C.; GONUL, T.; TANES, M. Y. **X-ray investigation of a domestic refrigerator: Observations at 25 C ambient temperature.** v. 26, p. 205–213, 2003.

MENDES, H.; RUIZ M.; SHIBAO, F.; QUARESMA, C. **Gestão da logística reversa de eletroeletrônicos: conceitos, princípios e desafios.** Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade - Brasília, v. 2, n. 1, p. 61-80, jun. 2016

MASCARENHAS, H. R. **O setor de eletrodomésticos da Linha Branca: um diagnóstico e a relação varejo-indústria.** Dissertação (MPFE) – FGV: Escola de Economia de São Paulo. São Paulo, 238p, 2005.

NEVES, M. F. **UM MODELO PARA PLANEJAMENTO DE CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO NO SETOR DE ALIMENTOS.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 1999.

RIGOLLA, S. J. **Numerical simulation and experimental validation of hermetic reciprocating compressors.** 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2002.

ROGERS, D. S. & TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices.** Reno: Universidade de Nevada, 1999.

SANTOS, D. F. **Análise da coleta de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos nos “ecopontos” de Belo Horizonte, MG.** 2018. Dissertação (Mestrado em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SILVA, B.D., OLIVEIRA, F. C., MARTINS, D. L. **Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil.** Santo André, 2007.

STERN, L. W.; EL-ANSARY, A. I.; COUGHLAN, A. T. **Marketing Channels.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 1996.

STEVEN, M.; DYCKHOFF, H.; LACKES, R.; REESE, J. **Supply chain management and reverse logistics.** Berlim: Springer, 2004.

STOECKER, W.; JONES, J. **Refrigeração e ar condicionado.** São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1985.

UNU - UNITED NATIONS UNIVERSITY. **2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).** Annex to the Final report. 05 ago. 2007. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/weee/final\\_rep\\_unu\\_annexes.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/weee/final_rep_unu_annexes.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2022.

VELÁSQUEZ, V. H. T.; MARCON, V. T. B. **Aspectos relevantes da logística reversa na Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Revista Direito Ambiental e Sociedade, p. 2012-229, 2017.

## ANEXO A - Histórico de Vendas de Refrigeradores e Ar Condicionado

Tabela 7752 - Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e os produtos - Prodlists Indústria 2016 e 2019

Variável - Quantidade vendida

Brasil

Ano x Classes das atividades industriais e produtos - Prodlist 2016 e Prodlist 2019

2014

2015

2016

2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)	2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)	2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)
7.677	8.545.429	6.851	6.285.154	6.233	3.568.245

Fonte: IBGE - Pesquisa Industrial Anual - Produto

Tabela 7752 - Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e os produtos - Prodlists Indústria 2016 e 2019

Variável - Quantidade vendida

Brasil

Ano x Classes das atividades industriais e produtos - Prodlist 2016 e Prodlist 2019

2017

2018

2019

2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)	2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)	2751.2100 Refrigeradores ou congeladores (freezers), inclusive combinados, para uso doméstico (Mil unidades)	2824.2010 Aparelhos de ar condicionado de paredes, de janelas ou transportáveis, inclusive os do tiposplit system (Unidades)
5.607	4.398.498	5.767	5.246.371	6.492	6.536.452

Fonte: IBGE - Pesquisa Industrial Anual - Produto

## ANEXO B - Dados do Relatório da Abinee

FATURAMENTO DA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA EM R\$ MILHÕES	2019	2020	2021 <sup>(1)</sup>	Var % <sup>(7)</sup>	2022 <sup>(1)</sup>	Var % <sup>(7)</sup>
Automação Industrial <sup>(4)</sup>	5.480	5.766	7.190	25%	8.060	12%
Componentes Elétricos E Eletrônicos <sup>(5)</sup>	10.736	11.067	14.476	31%	16.561	14%
Equipamentos Industriais	26.828	29.567	37.225	26%	41.059	10%
Geração, Transmissão E Distribuição De Energia Elétrica	15.825	17.716	21.224	20%	24.471	15%
Informática	26.622	34.838	47.240	36%	47.807	1%
Material Elétrico De Instalação	9.231	10.376	12.202	18%	13.325	9%
Telecomunicações	36.291	39.158	43.896	12%	48.242	10%
Utilidades Domésticas <sup>(6)</sup>	21.994	24.704	30.781	25%	33.782	10%
<b>Total Setor Eletroeletrônico</b>	<b>153.007</b>	<b>173.192</b>	<b>214.234</b>	<b>24%</b>	<b>233.307</b>	<b>9%</b>

(1) Projeções atualizadas em dezembro de 2021 e dados atualizados em fevereiro de 2022

(2) Exportações + Importações.

(3) Agregação ABINEE

(4) Inclui instrumentação e instrumentos eletromédicos

(5) Inclui motocompressores para refrigeração, eletrônica embarcada e partes e peças

(6) Inclui autorrádios

(7) Variação em relação ao ano anterior

(8) Dados Novo CAGED - Cadastro Geral de Empregados e Desempregados - Ministério do Trabalho e Emprego

### Faturamento da Indústria Elétrica e Eletrônica (R\$ bilhões)

