



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

LUIZA BENNEMANN SCHILD

**AVALIAÇÃO DA LOGÍSTICA DOS *SMARTPHONES* FORA DE
USO NO BRASIL: DO USUÁRIO AO DESTINO FINAL**

Porto Alegre

Maio 2021

LUIZA BENNEMANN SCHILD

**AVALIAÇÃO DA LOGÍSTICA DOS *SMARTPHONES* FORA DE USO NO BRASIL: DO
USUÁRIO AO DESTINO FINAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO APRESENTADO AO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
SUL COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ENGENHEIRA
AMBIENTAL.

Orientadora: Andrea Moura Bernardes

Coorientadora: Tatiana Scarazzato

Porto Alegre

Maio 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Schild, Luiza Bennemann
Avaliação da Logística dos Smartphones Fora de Uso
no Brasil: do Usuário ao Destino Final / Luiza
Bennemann Schild. -- 2021.
77 f.
Orientadora: Andrea Moura Bernardes.

Coorientadora: Tatiana Scarazzatto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Smartphones. 2. Logística Reversa. 3.
Reciclagem. I. Bernardes, Andrea Moura, orient. II.
Scarazzatto, Tatiana, coorient. III. Título.

LUIZA BENNEMANN SCHILD

AVALIAÇÃO DA LOGÍSTICA DOS *SMARTPHONES* FORA DE USO NO BRASIL:
DO USUÁRIO AO DESTINO FINAL

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em **27/05/2021** pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

.....
Prof.^a Dr. Andrea Moura Bernardes - Orientadora

.....
Prof.^a Dr. Tatiana Scarazzatto - Coorientadora

.....
Prof. Dr. Hugo Marcelo Veit – Departamento de Materiais

.....
Prof. Dr. Fernando Hamerski – LAMAM/PUCRS

Conceito: A

Dedico este trabalho a meus pais, Vívian e Luiz Eduardo, que sempre me apoiaram e, especialmente durante o período do meu Curso de Graduação, estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiro, quero agradecer à Universidade e a todo o corpo docente que tive a oportunidade de conhecer. Todas as experiências obtidas aqui fizeram a diferença na minha vida. À minha orientadora e professora Andrea, por toda atenção e pela chance de fazer parte de um departamento tão único. À minha coorientadora Tatiana, pela compreensão e ajuda, tanto no desenvolvimento do trabalho como nas dificuldades da vida.

À minha mãe Vívian e ao meu pai Luiz Eduardo, por sempre lembrarem e darem o exemplo do trabalho duro e do estudo. Ao meu namorado, Christian, por sempre me motivar e estar disponível para me ouvir. À minha irmã Elisa, pela companhia e pelas risadas, já que ela também estava fazendo o seu trabalho de conclusão de curso. Aos meus avós, Íris e Lothar, pelo aconchego e carinho nas horas difíceis. E meu agradecimento à Teka, que atrasou o andamento deste trabalho da forma mais linda possível, me ensinando sobre como é difícil ser responsável por outro ser.

Tudo passa, nem que seja
por cima de você, mas passa.
Georgiana Alves

RESUMO

A avaliação da logística do descarte de *smartphones* fora de uso no Brasil explica-se necessária pelo papel de responsabilidade das empresas no correto descarte dos aparelhos minimizando o acúmulo dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Foi avaliado o caminho percorrido pelos aparelhos obsoletos no país, desde o usuário até a destinação final a partir de dados fornecidos por pontos de coleta, empresas recicladoras e usuários. A pesquisa foi realizada por meio de coleta de dados com questionário online para os setores responsáveis pelo ciclo de vida dos *smartphones* a fim de responder à questão proposta. Sob essa ótica, revela-se o majoritário desejo do usuário de guardar o aparelho obsoleto consigo em contrapartida à pequena porcentagem de usuários que destinam os *smartphones* para lojas e assistências técnicas especializadas. Além disso, as empresas recicladoras participantes da pesquisa segregam e direcionam os resíduos coletados para outras empresas e centros de exportação.

Palavras-chave: *Smartphones*; Logística Reversa; Reciclagem.

ABSTRACT

The analysis of the logistics of the disposal of unused smartphones in Brazil is explained by the role of responsibility of companies in the correct discard of the devices to minimize the accumulation of electro-electronic waste equipment. The course taken by obsolete devices in the country was evaluated, from users to final destination based on data provided by collectors, recycling companies and users. The research was conducted by gathering data through an online survey to the segments that are responsible for the life cycle of smartphones in an attempt to address the answer to the proposed question. From this perspective, the majority of users wish to keep their obsolete devices with them as compared to the reduced percentage of users that send their smartphones to specialized stores and technical support locations. Furthermore, the recycling organizations in this research disassemble and send the collected residues to other companies and exportation centers.

Keywords: Smartphones; Reverse Logistics; Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Primeiros <i>smartphones</i> desenvolvidos: Simon IBM à esquerda, Nokia 9000 Communicator ao centro, Ericsson GS88 à direita	16
Figura 2 — iPhone lançado em 2007 à esquerda, Samsung S20 à direita.	17
Figura 3 — Percentuais de aparelhos do tipo <i>smartphone</i> ativos dos usuários e suas preferências por marcas.	32
Figura 4 — Número de trocas de aparelho realizadas pelos usuários nos últimos 3 anos.	33
Figura 5 — Motivos dos usuários para as trocas de aparelho.	34
Figura 6 — Respostas dos usuários quanto ao conhecimento de pontos de coleta de <i>smartphones</i> na sua cidade.	36
Figura 7 — Respostas dos usuários com ensino superior ou pós-graduação quanto ao descarte de aparelhos antigos.	36
Figura 8 — Respostas dos usuários sem ensino superior quanto ao descarte de aparelhos antigos.	37
Figura 9 — Comportamento dos usuários perante o descarte do aparelho antigo por faixa etária.	38
Figura 10 — Fluxograma da logística reversa dos <i>smartphones</i> e seus componentes no Brasil.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Distribuição das faixas etárias dos usuários.	27
Tabela 2 — Renda familiar dos usuários.	27
Tabela 3 — Número de moradores por família.	27
Tabela 4 — Rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> da população residente, segundo as Unidades da Federação – 2019.	28
Tabela 5 — Distribuição das cidades em que os usuários residem.	30
Tabela 6 — Distribuição dos estados brasileiros em que os usuários residem.	31
Tabela 7 — Distribuição das respostas sobre o destino dado ao aparelho antigo.	35
Tabela 8 — Dados fornecidos pelos pontos de coleta sobre quantidades e separação dos celulares recebidos.	40
Tabela 9 — Dados fornecidos pelos pontos de coleta a respeito da destinação dos componentes.	41
Tabela 10 — Dados das empresas recicladoras sobre quantidades de celulares recebidos e separação dos componentes.	45
Tabela 11 — Dados das empresas recicladoras a respeito da destinação dos componentes.	47
Tabela 12 — Receita potencial dos materiais de maior valor na reciclagem de <i>smartphones</i> .	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
3	REVISÃO BILIOGRÁFICA	16
3.1	O Surgimento do <i>Smartphone</i>	16
3.2	Crescimento da Demanda de Eletrônicos e a Obsolescência Programada	17
3.3	Materiais de Fabricação e Economia	18
3.4	Logística Reversa e Responsabilidade Compartilhada	19
3.5	Logística Reversa de Celulares no Mundo	20
4	METODOLOGIA	22
4.1	Coleta de Dados	22
4.1.1	Pesquisa com Usuários de <i>Smartphones</i>	22
4.1.2	Pesquisa com Pontos de Coleta e com Empresas Recicladoras	23
4.1.2.1	Pesquisa com Pontos de Coleta	23
4.1.2.2	Pesquisa com Empresas Recicladoras	24
4.2	Análise de Dados	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1	Coleta de Dados de Usuários de <i>Smartphones</i>	26
5.1.1	Perfil dos Participantes da Pesquisa	26
5.1.2	Perfil do Consumo de Celulares dos Participantes da Pesquisa	31
5.2	Pontos de Coleta e Recicladoras Autodeclarados	39
5.2.1	Pontos de Coleta Autodeclarados	38
5.2.2	Empresas Autodeclaradas Recicladoras	44
5.3	Fluxograma da Logística Reversa de Celulares no Brasil	51
6	CONCLUSÃO	53
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
	ANEXO A - Formulários Utilizados na Coleta de Dados	63

1 INTRODUÇÃO

Um smartphone, atualmente, é uma ferramenta essencial, não somente para comunicação, mas para trabalho, aprendizado e lazer (PACHECO et al., 2016). As empresas investem em inovação e desempenho intensivamente e lançam, de maneira contínua, inúmeras novidades para que seus clientes possam cada vez ter mais acesso e funcionalidades na palma da sua mão (TONI et al., 2005). Com esse crescimento, a taxa de produção de resíduos eletroeletrônicos aumenta aceleradamente com o passar dos anos, enquanto as reservas de matéria-prima se tornam cada vez menores, podendo inviabilizar economicamente o sucesso dos futuros produtos (FORTI, 2019).

Dados recentes mostram que a geração anual de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil pode chegar a 7 kg por habitante (OTTONI et al., 2018). Nesse contexto, a importância da avaliação da logística dos *smartphones* no país não se restringe a verificar se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o processo de logística reversa estão sendo cumpridos, tanto pela população como pelos setores industriais e comerciais. É necessário, também, compreender essa logística, os processos que são utilizados atualmente para reciclagem ou destinação desses resíduos e indicar possíveis pontos a serem melhorados. Com os lançamentos, cada vez mais frequentes, de novos modelos de celulares e a importância das redes sociais em todos os setores econômicos, os resíduos eletroeletrônicos serão cada vez mais importantes, tanto por quantidade quanto como fonte de matéria-prima (LESSA, 2018).

Ademais, a responsabilidade quanto aos resíduos é compartilhada por todos os indivíduos participantes do seu ciclo de vida. Tanto os fabricantes, quanto os lojistas, os usuários, as recicladoras e demais setores são responsáveis (PNRS, 2010), e conhecer seus hábitos e processos pode ser útil para o aumento nas taxas de recuperação de materiais, reciclagem e destinação correta.

Desta forma, observa-se a necessidade da avaliação do papel de responsabilidade compartilhada dos usuários pela correta destinação dos resíduos. Esse trabalho pretende esclarecer o papel dos pontos de coleta e das empresas autodenominadas recicladoras, avaliando se e como efetivamente destinam e reciclam os Resíduos de Equipamentos

Eletroeletrônicos (REEEs), o que acontece com esses resíduos e para onde eles são destinados, mesmo que em pequena escala. Também pretende-se apresentar a logística atual desses resíduos no Brasil para que, caso necessário, sejam feitas modificações que garantam tanto o cumprimento da legislação, quanto a segurança dos usuários e do meio ambiente.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o caminho percorrido pelos *smartphones* fora de uso no Brasil, desde o usuário até a destinação final, a partir de dados fornecidos por pontos de coleta, empresas recicladoras e usuários.

Os objetivos específicos do trabalho incluem:

- Analisar os dados coletados a partir de questionários enviados às empresas autodenominadas recicladoras e aos pontos de coleta e compará-los entre si para identificar a destinação dos componentes dos aparelhos.
- Entender o comportamento do consumidor quanto às trocas de aparelhos e seu comportamento perante o descarte.
- Com base nos dados coletados e analisados, descrever uma rota, desde a compra até a destinação final, da reciclagem de celulares no Brasil.

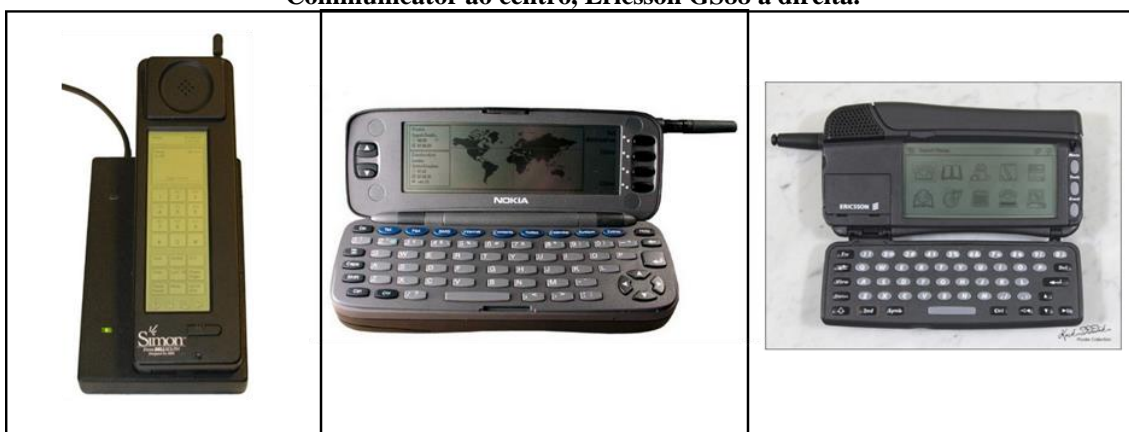
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção, serão tratados os principais referenciais teóricos que abordam o tema proposto neste trabalho.

3.1 O Surgimento do *Smartphone*

Segundo McCarty (2011), o primeiro celular considerado um *smartphone* foi o Simon, desenvolvido pela IBM em 1992 e possuía uma tela *touchscreen* (sensível ao toque) e um teclado que permitia o envio e recebimento de mensagens de fax e e-mails, algo muito revolucionário para a época. O aparelho não se tornou um sucesso e foi retirado do mercado. O termo *smartphone* foi cunhado pela Ericsson, com o GS88, em 1997, mas ficou amplamente conhecido com o Nokia 9000 Communicator, que se tornou um sucesso no ano anterior (1996), tanto nas críticas quanto nas vendas. Os aparelhos citados podem ser vistos na Figura 1.

Figura 1— Primeiros *smartphones* desenvolvidos: Simon IBM à esquerda, Nokia 9000 Communicator ao centro, Ericsson GS88 à direita.



Fonte: (<https://gizmodo.uol.com.br/20-anos-ibm-simon>) / (<https://medium.com/people-gadgets/the-gadget-we-miss-the-nokia-9000-communicator-ef8e8c7047ae>) / (<https://ericssoners.wordpress.com/2016/06/13/gs88/>)

Nos anos seguintes ao lançamento do Nokia 9000, os *smartphones* foram se popularizando e evoluindo em questão de tamanho, tempo de duração da bateria e funcionalidades. A maior mudança foi observada em 2007, com o lançamento do iPhone pela Apple, substituindo os inúmeros botões por uma grande tela *multi touch*, como pode

ser visto na Figura 2. Ele deu início a era de *smartphones* como conhecemos, com aplicativos diversos e maior interatividade.

Figura 2 — iPhone lançado em 2007 à esquerda, Samsung S20 à direita.



Fonte: (<https://olhardigital.com.br/2017/06/28/noticias/ano-a-ano-veja-como-o-iphone-evoluiu-desde-2007/>) / (<https://olhardigital.com.br/2020/02/11/noticias/samsung-apresenta-galaxy-s20-s20-plus-e-s20-ultra-conheca-os-celulares/>)

3.2 Crescimento da Demanda de Eletrônicos e a Obsolescência Programada

A produção de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) é o setor que cresce mais rápido dentro da indústria de manufatura em países industrializados. Para se ter uma ideia, em 2019, a quantidade de pessoas no mundo todo com acesso a um celular ultrapassava os 5 bilhões. Desses, 204 milhões correspondiam ao cenário brasileiro. Considerando que a população do Brasil é de, aproximadamente 211 milhões de pessoas, pode-se estimar uma média de um celular por habitante no país (VEJA, 2019).

Ao mesmo tempo, a inovação tecnológica e o intenso *marketing* enraízam um processo de substituição rápida. No entanto, ao estimular esse comportamento, corre-se o risco de provocar um aumento desenfreado na geração de lixo eletrônico. Em 2014, a geração global de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (e-lixo) chegou a 41,8 milhões de toneladas/ano, com um crescimento anual de 3 a 5% (CHARLES et al., 2016 apud UNU-ISP, 2015; MENIKPURA et al., 2014) o que poderia trazer sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Segundo Vieira (2009), a expressão *e-waste*, ou e-lixo, ou lixo eletrônico, engloba todos os tipos de aparelhos eletrônicos que são passíveis de virarem lixo, como os *smartphones*. Conforme Satyro (2018), as indústrias terão de produzir cada vez mais para suprir uma população que cresce em taxas nunca vistas antes, e os recursos naturais requeridos estão se tornando escassos.

Outro conceito muito discutido é o da obsolescência programada, onde as fabricantes teriam projetado aparelhos que, após um certo tempo de uso, irão deixar de funcionar como o desejado, alimentando a ideia de que é preciso sempre ter um aparelho novo. A obsolescência programada pode ser funcional (o produto não funciona ou perde capacidade), econômica (redução do custo/benefício conforme o tempo de uso), estética (oxidação de partes metálicas ou degradação parcial de itens que promovem o aspecto estético do aparelho) ou psicológica.

Como exemplos de obsolescência funcional, pode-se citar os aplicativos não compatíveis com o sistema operacional “obsoleto”, as constantes modificações de partes intercambiáveis, como plugs de carregadores e de fones de ouvido, e a falta de conectividade entre um aparelho “obsoleto” e um novo.

Já a obsolescência psicológica resulta da percepção do usuário sobre o declínio de valor de um produto a partir de opiniões negativas, depreciação subjetiva da percepção sobre o produto, baseado em experiências vividas, apego ou benefícios emocionais, status social, moda ou questões estéticas. E para o Brasil, as falhas na usabilidade do produto nem sempre explicam o comportamento de descarte, um fato que sugere que a obsolescência psicológica, juntamente com problemas de funcionamento ou de performance, pode influenciar no descarte ou troca de produtos (ECHEGARAY, 2015).

3.3 Materiais de Fabricação e Economia

Somente um celular tem em sua composição mais de 60 elementos químicos de alta nocividade (PRADO et al., 2016). Além do potencial nocivo, muitos elementos que compõem os celulares são de interesse comercial. Nos *smartphones*, as baterias são, normalmente, feitas de lítio, cobalto, grafite, alumínio e cobre. O ouro, por não se oxidar e ser condutor de corrente, é utilizado nas placas de circuitos impressos. A carcaça pode conter plásticos, alumínio e vidro.

As telas podem conter vidro e microprocessadores (dependendo do tipo de tecnologia empregada), além de um composto conhecido como ITO, do inglês *Indium Tin Oxide* (óxido de índio e estanho), que confere às telas a propriedade de serem sensíveis

ao toque. Perkins et al. (2014) lembra que, assim como os modelos de celulares evoluem, os seus acessórios, como carregadores, mudam a cada modelo.

Quanto aos ímãs, os de Neodímio-Ferro-Boro (NdFeB) são os ímãs permanentes mais fortes que estão disponíveis comercialmente e terras raras são essenciais neste tipo de tecnologia (ROLLAT et al, 2016). A China, sendo a produtora de mais de 90% de todas as terras raras (Binnemans et al., 2013), monopoliza o mercado e inviabiliza que outros países possam se manter minerando e processando estas matérias-primas (MÜNCHEN e VEIT, 2017).

Das 27 matérias-primas enumeradas como essenciais para a União Europeia (2017), porque os riscos de escassez do aprovisionamento e a sua repercussão na economia são maiores do que os das outras matérias-primas, é importante ressaltar o cobalto e a sua importância na fabricação das baterias. No relatório de 2017 da Confederação Nacional da Indústria (CNI), a necessidade de novos modelos de negócio é uma preocupação na área de EEE. O aumento de 60% da extração de recursos naturais nas últimas duas décadas refletiu-se na escassez de metais que compõem esses tipos de equipamentos, como o gálio, índio, ouro, prata, tungstênio, cobre, antimônio e estanho. No ano de 2020, pela primeira vez, o lítio passou a integrar também a lista de materiais críticos publicada pela UE.

Para os cenários futuros de crescimento, a recuperação desses materiais dos *smartphones* será cada vez mais viável, conforme as reservas de matéria-prima diminuem. De acordo com uma matéria da BBC (2016), “um milhão de iPhones contém quase 16 toneladas de cobre, 350 kg de prata, 34 kg de ouro e 15 kg de paládio”, reforçando o cenário futuro de recuperação desses materiais a partir dos REEE.

3.4 Logística Reversa e Responsabilidade Compartilhada

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010, trouxe diretrizes gerais para todo o território nacional, relativas ao manejo dos resíduos sólidos. A PNRS estabelece o compartilhamento de responsabilidades pelo ciclo de vida dos produtos, não se restringindo a responsabilizar os fabricantes. São considerados também responsáveis os importadores, os distribuidores,

os comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços de limpeza urbana e manejo. Isso significa que a responsabilidade é compartilhada por todas as partes envolvidas.

Dentro da PNRS, está a regulamentação da logística reversa, o caminho de retorno dos produtos aos seus fabricantes para que seja feita sua reciclagem e/ou destinação final. Os pontos de coleta são uma estratégia para facilitar que os aparelhos retornem para as empresas de origem ou para que já entrem no processo de reciclagem, por meio das recicladoras. O Decreto nº 10240, de 12/02/2020, que fala sobre a implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico, visa estimular o correto descarte dos produtos nos pontos de recebimento e qualificar formadores de opinião para apoiar o sistema.

Uma alternativa a ser considerada seria o Sistema Produto-Serviço, um sistema que entrega ao cliente o uso do produto, e não a propriedade física dele. Sendo assim, as manutenções, trocas e descartes do produto são de responsabilidade do proprietário (BAINES et. al, 2007). Alguns fabricantes e empresas de telefonia oferecem um desconto no aparelho novo se o usuário entregar o antigo no momento da compra, como o Programa Vivo Renova¹. A prática auxilia a empresa dentro da ótica da logística reversa, ao bonificar o cliente na entrega do celular anterior, mas pode fomentar a antecipação da troca dos produtos.

3.5 Logística Reversa de Celulares no Mundo

O destino após o fim da vida de celulares nem sempre segue a rota de reciclagem assumida pela declaração do fabricante, em razão das variações no comportamento humano e, portanto, é uma área com muito potencial para estudos futuros (SUCKLING, 2015).

No Japão, é requerido por lei que fabricantes e importadores levem de volta o lixo para reciclagem, enquanto os consumidores devem pagar uma taxa sobre o fim de vida do aparelho (uma taxa pré-disposição), que cobre parte dos custos sobre transporte e reciclagem (KAHHAT et al., 2008). De acordo com Silveira e Chang (2010, apud The

¹ O programa Vivo Renova é uma ação de marketing onde o consumidor recebe um valor pela troca do seu aparelho usado no momento da compra de um novo. A empresa afirma o descarte correto do aparelho antigo conservando recursos naturais e diminuindo a geração de lixo eletrônico.

Japan Times, 2009), a taxa de reciclagem de celulares no Japão atingiu, aproximadamente, 20% de todos os aparelhos vendidos em 2009.

Em 2010, somente 3-6% dos celulares antigos foram entregues para recuperação ou reciclagem na República Tcheca (POLÁK e DRÁPALOVÁ, 2012). Buchert et al. (2012) reportam um percentual de 5%, na Alemanha. Um dos destinos finais mais comuns de celulares é o armazenamento, com 3,7 milhões de telefones armazenados por 2,4 milhões de estudantes do ensino superior no Reino Unido (ONGONDO E WILLIAMS, 2011a).

O mesmo comportamento foi relatado para usuários portugueses, conforme analisado por Martinho et al. (2017), a respeito do consumo e disposição de *smartphones*. O estudo encontrou que a maioria dos participantes da pesquisa decidiu guardar seus aparelhos em casa ou passar adiante para amigos e familiares os aparelhos usados ou quebrados em vez de entregar para reciclagem. Em contrapartida, foi observado por Islam et al. (2020) que consumidores australianos se desfazem de celulares junto aos resíduos domésticos em vez de levá-los até os pontos de coleta específicos, mas que os consumidores mais velhos tendem a utilizar os pontos de coleta.

4 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho, também chamada de “*snowball sampling*”, que pode ser traduzida para “amostragem bola de neve”, já foi aplicada por Martinho et al. (2017). A metodologia consiste no envio de um *link* de acesso a um formulário eletrônico para os participantes por meio de ferramentas tecnológicas, como *e-mail* ou aplicativos de mensagens. Ela é vantajosa por ser de baixo custo, atingir uma grande quantidade de participantes rapidamente, além de facilitar a participação. Há desvantagens, como não ser possível generalizar os dados encontrados nem garantir que eles sejam representativos de uma população. A decisão por este método foi tomada em vista da facilidade de atingir uma quantidade maior de usuários, em menor tempo, com custos mínimos. Os detalhes da metodologia utilizada estão detalhados nos itens 4.1 e 4.2.

4.1 Coleta de Dados

Três formulários foram elaborados para coletar dados dos grupos de interesse da pesquisa: os usuários dos aparelhos, os pontos de coleta e as empresas recicladoras. Os formulários podem ser melhor visualizados no anexo A. Todos os três formulários foram construídos por meio do Google Formulários, por ser uma ferramenta gratuita e relativamente fácil de manusear, além de permitir o preenchimento por meio de um link compartilhável, facilitando a sua distribuição e permitindo um aumento no número de compartilhamentos, no caso dos usuários de *smartphones*.

4.1.1 Pesquisa com Usuários de *Smartphones*

O link de acesso ao formulário foi compartilhado através de redes sociais, como Facebook e Instagram, via aplicativos de mensagens (WhatsApp) e por e-mail, no período de 13/09/2020 a 29/04/2021. Juntamente ao pedido de participação na pesquisa, foi solicitado que os participantes encaminhassem o link a outras pessoas, como familiares, amigos e colegas de trabalho. A intenção de incentivar o compartilhamento da pesquisa

foi de abranger um público diversificado, além da população acadêmica, de diversas faixas etárias e condições sociais.

O questionário era iniciado com uma pergunta sobre a maioridade do usuário. Caso a resposta fosse afirmativa, era permitido que ele respondesse às próximas perguntas, caso a resposta fosse negativa, o questionário era encerrado.

As perguntas seguintes foram formuladas para caracterizar o perfil do usuário, coletando dados referentes à faixa etária, sexo, cor ou etnia, grau de escolaridade, renda familiar mensal, número de moradores do núcleo familiar, cidade e estado em que reside. Quanto ao comportamento de consumo do usuário, foram feitas perguntas referentes à quantidade de aparelhos do tipo “smartphone” ativos que ele possui, preferência por marca, quantidade de trocas de aparelhos nos últimos três anos e os motivos para as substituições.

Quanto ao destino dos aparelhos, o formulário questionou sobre o que é feito dos aparelhos em desuso e se o usuário conhece algum ponto de coleta na sua cidade. Ao final do período estabelecido, o questionário foi desabilitado, impedindo novas respostas.

4.1.2 Pesquisa com Pontos de Coleta e com Empresas Recicladoras

Uma lista de empresas recicladoras e pontos de coleta de *smartphones* em todo o país foi formulada a partir do artigo publicado por Dias et al. (2018) e por pesquisa na internet (palavras-chave “pontos de coleta”, “empresas recicladoras celulares” e “lixo eletrônico”, de modo que a própria empresa se intitula como ponto de coleta ou como recicladora). O primeiro contato com cada empresa foi realizado por meio de uma mensagem de e-mail contendo os links de acesso aos formulários. Um segundo contato foi feito por telefone com as empresas da região sul e parte da região sudeste.

4.1.2.1 Pesquisa com Pontos de Coleta

No início do formulário, pediu-se para classificar o tipo de ponto de coleta: operadora de telefonia, fabricante de *smartphone*, assistência técnica autorizada, ponto de

coleta independente ou outro. Dentre as perguntas, pediu-se que a empresa informasse a quantidade (ou peso) média de celulares recebidos e, se houvesse, a quantidade estimada para cada fabricante de *smartphones*. Esse questionamento foi realizado com a intenção de se produzir uma estimativa da quantidade de celulares descartados no Brasil.

Por fim, foi questionado sobre o desmantelamento dos aparelhos descartados, ou seja, em quais partes o aparelho é separado (baterias, placas de circuito impresso, carregadores, ímãs, carcaça ou se não é separado) e qual o destino de cada parte. A partir dos dados coletados, foi elaborada uma rota de coleta e destinação dos aparelhos recolhidos pelos pontos de coleta.

4.1.2.2 Pesquisa com Empresas Recicladoras

O formulário encaminhado às empresas autodeclaradas recicladoras iniciava com a forma de coleta e/ou recebimento dos celulares: por catadores, parceria com governo municipal/estadual/federal, entrega direta do consumidor, recebimento de pontos de coleta de empresas de telefonia ou de fabricantes ou de pontos de coleta independentes, campanhas de reciclagem ou outro. Com isso, esperava-se compreender a importância de cada tipo de ponto de coleta na logística reversa dos aparelhos descartados.

As empresas também foram questionadas a respeito da quantidade média de celulares recebidos e se há classificação por marca. Em seguida, era questionado em quais partes os celulares são desmantelados (baterias, placas de circuito impresso, carregadores, ímãs, carcaça ou se não é separado), como é realizada a separação (manual, moagem, com uso de ferramentas ou outro) e com quais equipamentos ela é realizada (parafusadeira, empilhadeira, serras automáticas, furadeira de bancada, moinho ou outro), além do tempo médio de separação dos componentes do aparelho.

Esses dados foram comparados e complementados com os dados recebidos pelos pontos de coleta, a fim de se ter uma estimativa mais concreta da quantidade de celulares descartados e do processo de reciclagem deles. Por fim, se questionava qual o destino dado a cada parte separada e qual o valor de compra estimado ou qual a parte mais valiosa. Essa coleta de dados foi extremamente importante para caracterizar com clareza quais

processos de reciclagem são feitos no Brasil e quais ainda não são explorados no mercado nacional.

4.2 Análise de Dados

Os dados coletados foram utilizados para elaboração de tabelas e gráficos com auxílio do Microsoft Excel para viabilizar a sua análise. A análise dos dados foi feita de forma individual para cada grupo de respostas e, em um segundo momento, foi feita uma análise global, para avaliar os impactos de um grupo nos resultados de outro grupo (por exemplo, o impacto do comportamento do consumidor na coleta de aparelhos no fim de vida).

Por fim, com base nos dados analisados, foi proposta uma rota completa da logística reversa dos celulares, desde a compra até o destino final.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta de Dados de Usuários de *Smartphones*

5.1.1 Perfil dos Participantes da Pesquisa

O formulário contou com a participação de 602 pessoas, dentre as quais 594 responderam que eram maiores de 18 anos de idade e tiveram acesso a todas as perguntas. Destas 594, 77,6% informaram que pertencem ao sexo feminino, 22,2% ao sexo masculino e 0,2% preferiram não informar. De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua de 2019 (PNAD), 51,8% da população residente brasileira é composta por mulheres, totalizando 108,4 milhões, de forma que os percentuais de participação por sexo não podem ser representativos do país.

A maioria se autodeclarou branca (91,4%), seguida por pardos (4,5%), amarelos (2%) e pretos (1,9%). O país tem 42,7% de brancos de acordo com o PNAD (2019) e, como a pesquisa foi feita através de redes sociais, atingindo a comunidade universitária e suas famílias, a distribuição de etnias não é representativa do Brasil como um todo. No Brasil, 37,9% das pessoas brancas de 18 a 24 anos estavam estudando, sendo 29,7% no ensino superior, frente a uma taxa de escolarização de 28,8% das de cor preta ou parda, com apenas 16,1% cursando uma graduação (PNAD, 2019).

Quanto à escolaridade, 44,6% têm pós-graduação, 30,1% superior completo e 24,1% ensino médio completo. Apenas 1% declarou ter ensino fundamental completo. De acordo com o PNAD de 2019, dentro da população acima de 25 anos, somente 17,4% possuía ensino superior completo, um valor muito abaixo da população participante da pesquisa. A distribuição das faixas etárias dos usuários pode ser visualizada na Tabela 1, sendo a faixa de 46 a 60 anos a mais expressiva (26,1%), seguida da faixa de 26 a 35 anos (22,9%).

Tabela 1— Distribuição das faixas etárias dos usuários.

Faixa etária	% de respostas (n° de respostas)
18 a 25 anos	17,5% (104)
26 a 35 anos	22,9% (136)
36 a 45 anos	19% (113)
46 a 60 anos	26,1% (165)
Mais de 60 anos	14,5% (86)

Fonte: Autoria própria.

Sobre a renda familiar (Tabela 2), 33,3% dos participantes da pesquisa declararam estar na faixa acima de 10 salários mínimos e 21,9% possuem renda de 3 a 4 salários.

Tabela 2 — Renda familiar dos usuários.

Renda familiar mensal (1 salário mínimo: R\$1045,00)	% de respostas (n° de respostas)
menos de 1	0,7% (4)
de 1 a 2	8,9% (53)
de 3 a 4	21,9% (130)
de 5 a 6	17,2% (102)
de 7 a 10	18,0% (107)
mais de 10	33,3% (198)

Fonte: Autoria própria.

Sobre o número de moradores do núcleo familiar que usufruem da renda informada anteriormente (Tabela 3), 33,5% declararam viver com mais de uma pessoa.

Tabela 3 — Número de moradores por família.

N° de moradores	% de respostas (n° de respostas)
1	15,2% (90)
2	33,5% (199)
3	23,6% (140)
4	22,2% (131)
5	4,4% (26)
mais de 5	1,3% (8)

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 4, é possível conferir o rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* da população residente em cada estado brasileiro, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua de 2019.

Tabela 4 — Rendimento nominal mensal domiciliar *per capita* da população residente - 2019.

Unidades da Federação	Rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> da população residente (R\$)
Brasil	1439
Rondônia	1136
Acre	890
Amazonas	842
Roraima	1044
Pará	807
Amapá	880
Tocantins	1056
Maranhão	636
Piauí	827
Ceará	942
Rio Grande do Norte	1057
Paraíba	929
Pernambuco	970
Alagoas	731
Sergipe	980
Bahia	913
Minas Gerais	1358
Espírito Santo	1477
Rio de Janeiro	1882
São Paulo	1946
Paraná	1621
Santa Catarina	1769
Rio Grande do Sul	1843
Mato Grosso do Sul	1514
Mato Grosso	1403
Goiás	1306
Distrito Federal	2686

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD Contínua – 2019.

Analisando os 33,3% dos usuários que recebem mais de 10 salários mínimos, 72,2% residem no Rio Grande do Sul e 30,8% declararam que 4 pessoas vivem na residência e usufruem deste salário, 30,3% vivem com mais uma pessoa e 21,2% com mais duas pessoas. Ainda assim, em uma residência com 4 pessoas, a renda mínima *per capita* mensal seria de R\$2612,50, acima dos R\$1439,00 indicados pelo PNAD de 2019

para o país. Para uma residência com 3 moradores, a renda mínima *per capita* seria de R\$3483,33, quase o dobro da média do estado e acima da maior média estadual (Distrito Federal). Ou seja, um terço dos usuários da pesquisa possuem uma condição financeira acima da média nacional.

Dos 21,9% dos usuários que declararam receber de 3 a 4 salários mínimos mensalmente, 81,5% declararam residir no RS. Deles, 46,9% vivem com somente mais uma pessoa na residência, possuindo uma renda média *per capita* de R\$1828,75, um valor bem próximo da média do estado, de R\$1843,00.

Quanto à cidade em que o usuário reside, 72 cidades foram indicadas, sendo 4 de fora do país. As que mais foram citadas são Porto Alegre/RS (45,2%), São Paulo/SP (12,6%), São Leopoldo/RS (8,6%), Florianópolis/SC (3,9%) e Canoas/RS (3,0%). Das contribuições de fora do país temos Colônia (Alemanha), Guadalajara (México), Hamilton (Nova Zelândia) e Lisboa (Portugal), com um usuário para cada cidade. Na Tabela 5 é possível conferir o número de respostas relativas a cada cidade. Cidades com o mesmo número de respostas foram agrupadas.

Tabela 5 — Distribuição das cidades em que os usuários residem.

Cidade	% de respostas (n° de respostas)	Cidade	% de respostas (n° de respostas)
RS: Porto Alegre	45,2% (268)	SP: São Paulo	12,6% (75)
RS: Leopoldo	8,6% (51)	SC: Florianópolis	3,9% (23)
RS: Canoas	3,0% (18)	RS: Novo Hamburgo	2,9% (17)
RS: Cachoeirinha, Sapucaia do Sul e Tapes	1,3% (8)	RS: Esteio	1,2% (7)
RS: Caxias do Sul GO: Goiânia	1,0% (6)	RS: Guaíba SP: São Caetano do Sul	0,8% (5)
RS: Gravataí ES: Vitória	0,7% (4)	RS: Campo Bom, Estância Velha, Igrejinha, Pelotas, Santa Cruz do Sul MT: Cuiabá	0,5% (3)
BA: Salvador CE: Fortaleza MG: Belo Horizonte MT: Várzea Grande RS: Alvorada, Getúlio Vargas, Passo Fundo, Sapiranga, Torres SP: Osasco, Campinas, Praia Grande, Santos	0,3% (2)	CE: Caucaia DF: Brasília MG: Patrocínio PA: Belém PE: Recife RJ: Nova Iguaçu RN: Natal RS: Barra do Ribeiro, Bento Gonçalves, Butiá, Carazinho, Eldorado, Espumoso, Farroupilha, Gramado, Horizontalina, Ibirubá, Ivoti, Montenegro, Nova Petrópolis, Nova Santa Rita, Taquara, Viamão SC: Balneário Camboriú, Blumenau, Criciúma SE: Aracaju SP: Barueri, Guarulhos, Ribeirão Pires, Santo André, São Roque Colônia/Alemanha Guadalajara/México Hamilton/Nova Zelândia Lisboa/Portugal	0,2% (1)

Fonte: Autoria própria.

Dentre os estados brasileiros, usuários de 15 estados brasileiros participaram da pesquisa, como pode ser observado na Tabela 6 abaixo. Estados com o mesmo número de respostas foram agrupados.

Tabela 6 — Distribuição dos estados brasileiros em que os usuários residem.

Estado	% de respostas (n° de respostas)
Rio Grande do Sul – RS	74,9% (445)
São Paulo – SP	15,6% (93)
Santa Catarina – SC	3,9% (23)
Goiás – GO	1,0% (6)
Mato Grosso – MT	0,8% (5)
Espírito Santo – ES	0,7% (4)
Ceará - CE Minas Gerais – MG	0,5% (3)
Bahia – BA	0,3% (2)
Distrito Federal - DF Pará - PA Pernambuco - PE Rio de Janeiro - RJ Rio Grande do Norte - RN Sergipe – SE	0,2% (1)

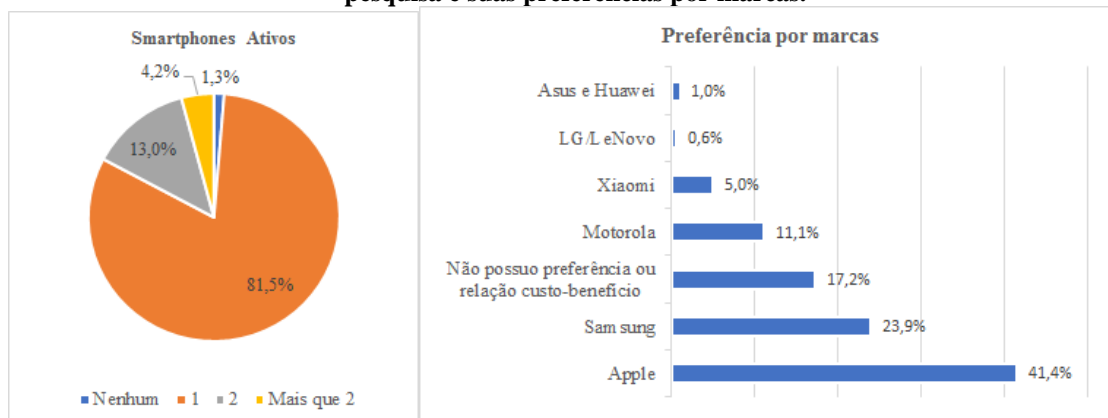
Fonte: Autoria própria.

Em resumo, a partir dos dados obtidos relativos ao perfil do usuário, verificou-se que a metodologia utilizada (*snowball sampling*) resultou numa população consultada composta em sua maioria por pessoas brancas (91,4%), mulheres (77,6%), com alta escolaridade (44,6% com pós-graduação e 30,1% com ensino superior completo) e com alta renda familiar (33,3% acima de 10 salários mínimos). Embora este perfil não seja representativo do país como um todo, ele representa um perfil de usuário de classe média/alta, de acordo com dados de população apresentados pelo IBGE (2020).

5.1.2 Perfil do Consumo de Celulares dos Participantes da Pesquisa

Na Figura 3, estão apresentados os dados referentes aos *smartphones* ativos dos usuários e suas preferências por marca na aquisição um aparelho, respectivamente.

Figura 3 — Percentuais de aparelhos do tipo *smartphone* ativos dos usuários participantes da pesquisa e suas preferências por marcas.



Fonte: Autoria própria.

Pela Figura 3, 98,7% dos entrevistados possuem pelo menos um celular, corroborando com o conceito de que a maioria da população possui acesso aos aparelhos. Leitão (2020) descreve que há mais de 234 milhões de *smartphones* em uso no país, ou seja, mais de um aparelho por habitante. O índice de aparelhos móveis com acesso à rede era de 88,5% em 2018. (COMPUTERWORLD, 2020).

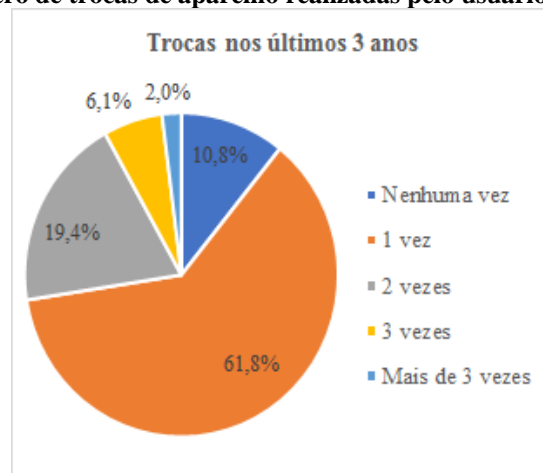
A partir dos resultados supracitados, foi possível verificar uma preferência por aparelhos da Apple e da Samsung. Yeh et al. (2016) relataram que a representação simbólica de marcas pode ser mais importante para consumidores de meia-idade, em relação ao status social e relacionamento com outras pessoas. Além disso, quanto maior for a percepção de valor e a identificação do consumidor, maior será o comprometimento de realizar uma nova compra e de recomendar a marca para outros.

Algumas marcas já possuem um mercado próprio, como a Apple, com lojas que oferecem planos onde o consumidor pode trocar de aparelho todo ano, como a *iPlace Refresh*². Além disso, o alto valor de mercado dos seus produtos possibilita a venda de um *smartphone* usado em bom estado entre os usuários. De acordo com Kim et al. (2020), na Coreia do Sul, a Samsung é a marca que atrai mais interesse e a Apple é a que possui os clientes mais fiéis. As duas marcas são bem conhecidas, acarretando status social e refletindo no percentual de preferência dos usuários.

² Programa oferecido pela Apple que possibilita o cliente ter um iPhone novo todo ano através de um financiamento.

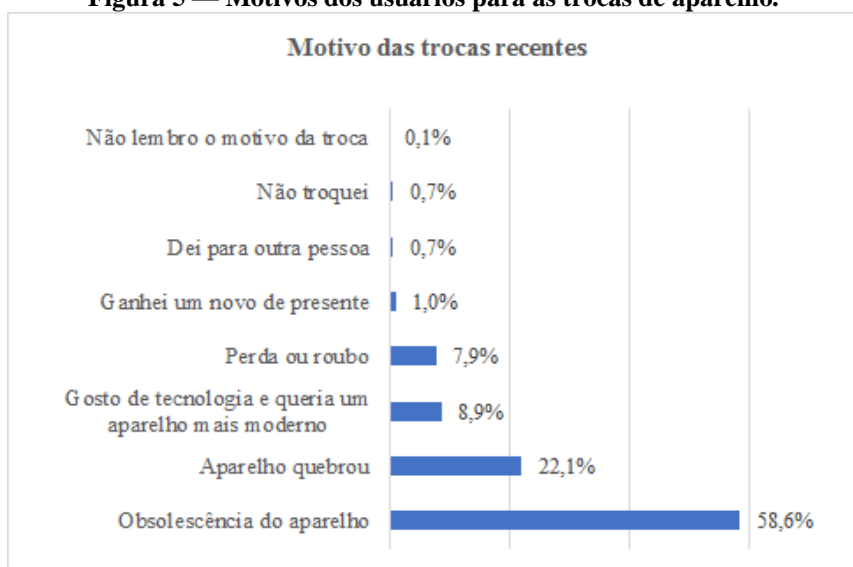
Ainda, 89,2% dos participantes da pesquisa trocaram de celular nos últimos 3 anos, sendo que 8,1% trocaram de celular uma vez por ano ou mais (Figura 4). Este comportamento pode estar relacionado com as frequentes atualizações dos modelos e aumento do perfil consumidor e pode contribuir muito com a geração de resíduos.

Figura 4 — Número de trocas de aparelho realizadas pelo usuário nos últimos 3 anos.



Fonte: Autoria própria.

Verificou-se que 58,6% das trocas ocorreram por obsolescência do aparelho (Figura 5), o que mostra os efeitos da obsolescência programada (as empresas projetam os aparelhos para durarem um tempo pré-definido, estimulando o consumo). Wieser et al. (2018) trazem que a obsolescência de um aparelho pode ser percebida quando o usuário não consegue realizar tarefas básicas para sua vivência em sociedade, como conversar com amigos.

Figura 5 — Motivos dos usuários para as trocas de aparelho.

Fonte: Autoria própria.

Uma pesquisa da consultoria Millward Brown, encomendada pelo Google, encontrou que 49% dos brasileiros que saem em busca de celular fazem isso com a intenção de possuir um aparelho mais moderno; 33% das compras são motivadas por quebra, 13% em razão de perda/furto, 3% são presentes e 2% são aparelhos adicionais (GEHDIN, 2020).

Ainda dentro dos motivos para a troca de aparelho, 22,1% dos usuários relataram que o aparelho foi substituído por ter “quebrado”. Uma alternativa para aumentar o período entre trocas seria que os aparelhos fossem mais duráveis, que as baterias possuíssem um ciclo de vida maior e as telas fossem resistentes a choques. (WIESER et al., 2018).

Sobre o destino dado ao aparelho antigo (Tabela 7), apenas 1% dos usuários descartou o celular no lixo comum, o que pode ser um indicador de que a população vem tomando consciência sobre a correta destinação dos resíduos. No entanto, apenas 5,9% descartaram em locais específicos, como pontos de coleta, e 1,5% utilizaram como parte do pagamento do novo aparelho na loja. Os pontos de coleta só estão recebendo uma pequena parcela dos celulares em fim de vida.

Tabela 7 — Distribuição das respostas sobre o destino dado ao aparelho antigo.

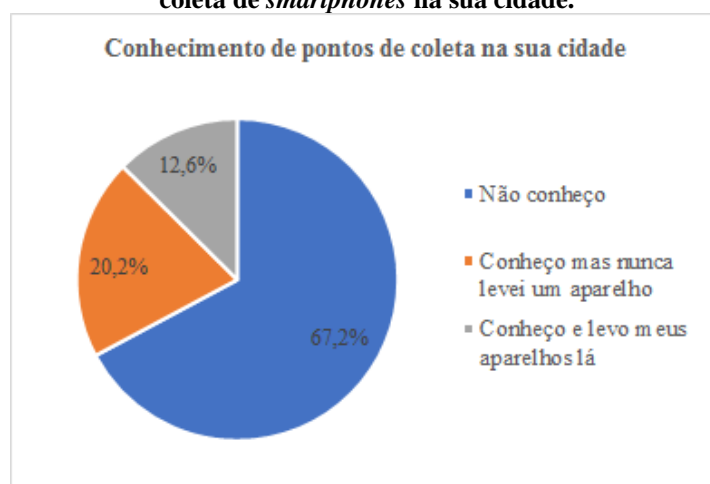
Destino	% de respostas (n° de respostas)	Destino	% de respostas (n° de respostas)
Doei ou vendi	35,2% (209)	Descartei em locais específicos	5,9% (35)
Guardei para outros fins	28,3% (168)	Usei como parte do pagamento do novo/troca na loja	1,5% (9)
Guardei pois não onde descartar	20,9% (124)	Descartei no lixo comum	1% (6)
Perdi ou foi roubado	6,6% (39)	Não troquei/ não lembro	0,6% (4)

Fonte: Autoria própria

Quase 50% dos participantes declararam guardar o aparelho antigo, para outros fins ou por não saber qual o destino correto para o mesmo. No estudo conduzido por Wilson et al. (2017), ao adquirir um telefone novo, o antigo era guardado pois o usuário não sabia qual destino dar (venda, doação) ou utilizava para outros fins, como guardar músicas, de forma que o aparelho antigo ainda possuía algum valor. Percebe-se um certo apego pelo bem, talvez pelo seu valor de mercado, já que 44,1% das pessoas afirmaram ter preferência pela Apple, uma marca conhecida por aparelhos de alta qualidade e preços altos.

Quanto ao conhecimento de pontos de coleta de *smartphones* na sua cidade (Figura 6), 67,2% afirmam não saber onde há um ponto de coleta e apenas 12,6% já usaram um local de coleta apropriado. Esses resultados podem tanto demonstrar pouco senso de responsabilidade quanto desconhecimento acerca dos locais adequados para dar destino aos resíduos.

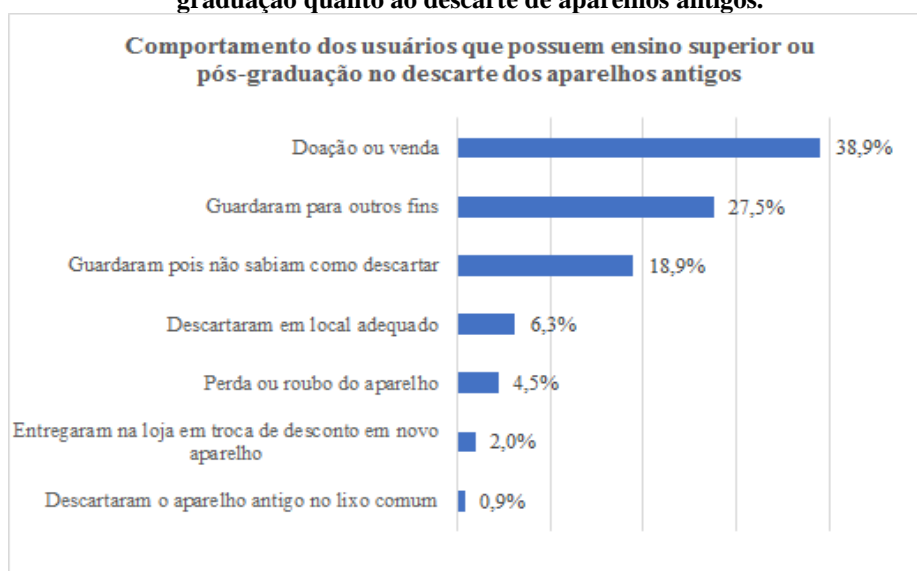
Figura 6 — Respostas dos usuários participantes da pesquisa quanto ao conhecimento de pontos de coleta de smartphones na sua cidade.



Fonte: Autoria própria.

Dos 594 usuários que responderam à pesquisa, 74,6% possuem ensino superior ou pós-graduação e seu comportamento quanto ao descarte dos aparelhos antigos pode ser visto na Figura 7. A maioria optou pelo reuso, mas quase 20% não sabia onde descartar corretamente, o que pode ser considerado um número muito baixo para uma população com acesso à educação e conhecimento.

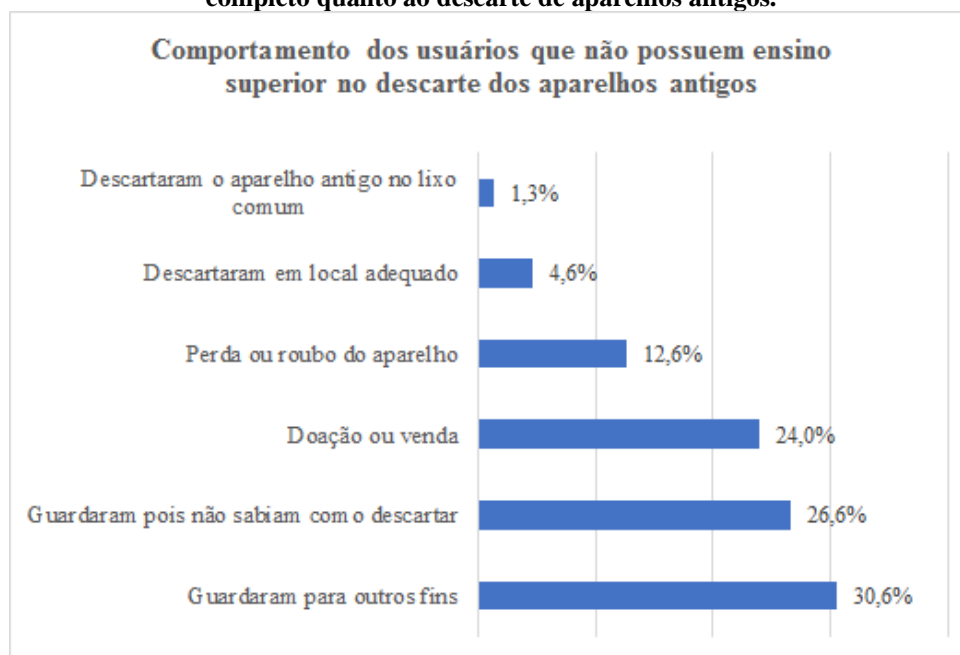
Figura 7 — Respostas dos usuários participantes da pesquisa com ensino superior ou pós-graduação quanto ao descarte de aparelhos antigos.



Fonte: Autoria própria.

Por outro lado, 25,4% dos usuários da pesquisa não possuíam ensino superior completo e, dentre essas 150 pessoas, mais de 25% não sabia onde descartar de forma apropriada. Os percentuais podem ser vistos na Figura 8.

Figura 8 — Respostas dos usuários participantes da pesquisa que não possuem ensino superior completo quanto ao descarte de aparelhos antigos.

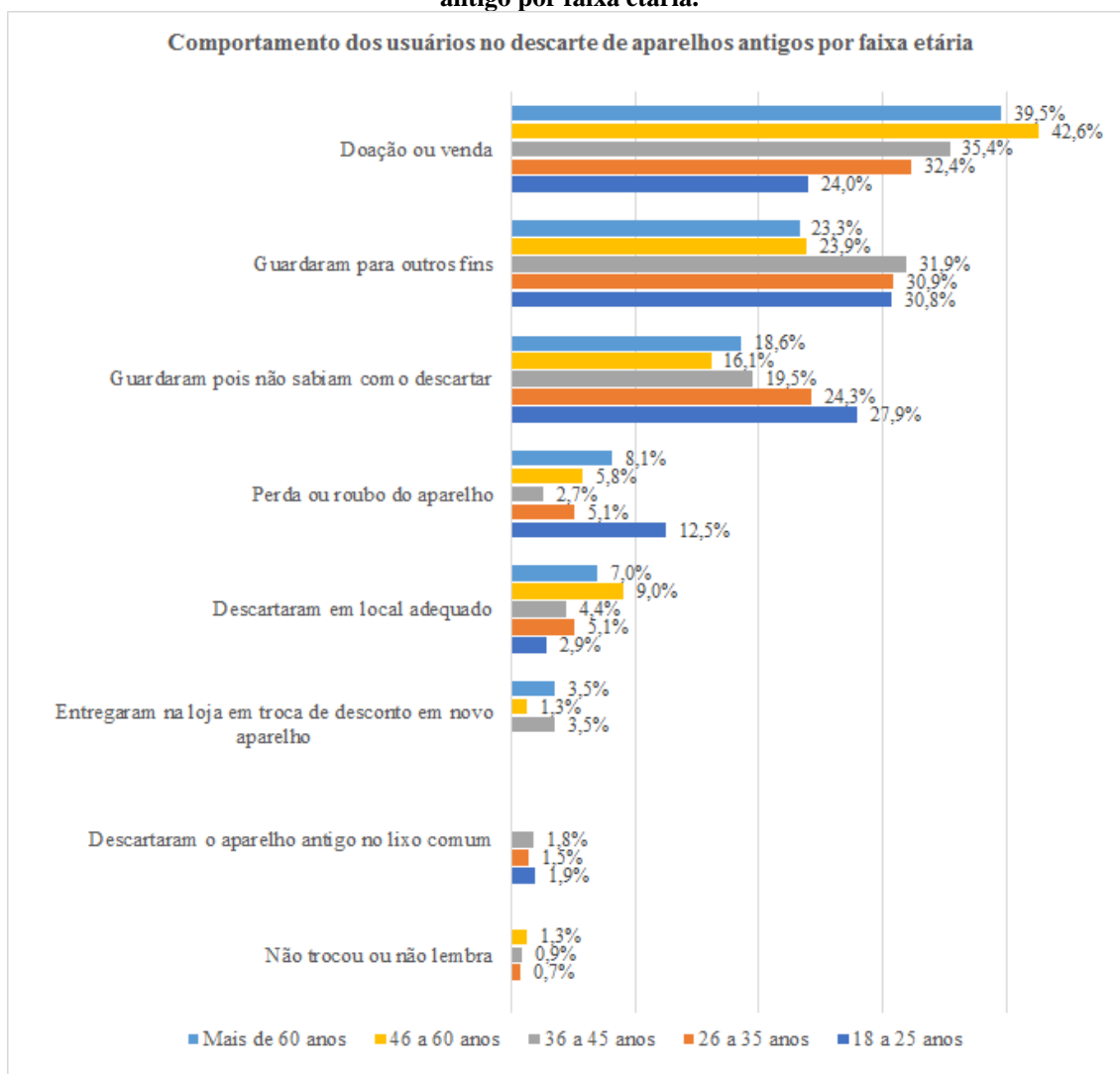


Fonte: Autoria própria.

Um fato observado é que os valores percentuais dos usuários participantes da pesquisa quanto ao descarte dos aparelhos fora de uso, com ensino superior completo ou não, são muito próximos. Esses resultados podem indicar que o nível de escolaridade não interfere no comportamento dos participantes.

Na Figura 9, é possível observar o destino escolhido pelos usuários para o aparelho antigo, de acordo com as faixas etárias. A grande maioria dos usuários tende a guardar os aparelhos antigos, seja para outros fins, como por desconhecimento de pontos de coleta. Em parte, esse comportamento pode ser justificado pelo receio em o aparelho em uso parar de funcionar repentinamente (obsolescência funcional ou acidente) ou ser perdido/roubado. Dependendo da qualidade do smartphone, o custo de aquisição de um novo pode ser alto.

Figura 9 — Comportamento dos usuários participantes da pesquisa perante o descarte do aparelho antigo por faixa etária.



Fonte: Autoria própria.

O ato de doar ou vender (reuso) o aparelho prolonga sua vida útil e é uma alternativa para pessoas com renda limitada de adquirirem um aparelho melhor ou do antigo dono de obter um caixa rápido. Outra hipótese é de que muitas pessoas acumulam uma certa quantidade de resíduos eletrônicos antes de descartar em pontos de coleta. Os usuários participantes da pesquisa dentro da faixa de idade de 46 a 60 anos foram os que mais descartaram celulares em locais específicos para resíduos eletrônicos, demonstrando uma maior preocupação com a correta destinação desses resíduos, diferentemente das faixas etárias mais jovens analisadas.

5.2 Pontos de Coleta e Recicladoras Autodeclarados

O total de empresas autodeclaradas recicladoras e de pontos de coleta encontrados no levantamento foi 209, incluindo algumas prefeituras, ONGs e lojas. Não foi possível encontrar o endereço de e-mail de todas pois nem todas possuíam informações de contato bem descritas.

Dentre as 209 empresas encontradas pelo levantamento prévio realizado por Dias et al. (2018) e por pesquisa na internet, poucas aceitaram participar respondendo o formulário, apesar de o número de endereços eletrônicos encontrados ter sido próximo a 250. De todas as possibilidades para justificar a baixa adesão, as hipóteses são de que o departamento ou pessoa responsável não abriu o e-mail ou não encaminhou para a pessoa responsável pelos dados, ou a empresa decidiu por não responder. Portanto, no total, 13 pontos de coleta e 11 recicladoras participaram da pesquisa.

5.2.1 Pontos de Coleta Autodeclarados

O formulário recebeu 13 respostas de locais autodeclarados pontos de coleta e, pelo baixo número de participação, foi definido um nome fictício para cada ponto de coleta participante e seus dados foram analisados em conjunto. Os dados obtidos podem ser conferidos nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 — Dados fornecidos pelos pontos de coleta sobre quantidades e separação dos celulares recebidos.

Nome fictício	Tipo de ponto de coleta	Localização da empresa	Quantidade média de celulares recebidos	Dados por marca	Separação dos celulares recebidos
A	Assistência técnica autorizada	SP	Não informado	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Carcaça
B	Gerenciador de resíduos	RS	1000 kg/ano	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça
C	Por recebimento direto de clientes e fabricantes e através de coletas da logística reversa	SP	Mais ou menos 1 tonelada	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça
D	Ponto de coleta independente	SC	Variável - Pouco	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça
E	Ponto de coleta independente	ES	300 kg/ano	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Carcaça
F	Ponto de coleta independente	PR	30 kg	Não	Eles não são separados. São encaminhados inteiros, sem qualquer tipo de desmontagem.
G	Empresa de reciclagem	PR	10 kg/mês	Não	Baterias, Carregador, Eles não são separados. São encaminhados inteiros, sem qualquer tipo de desmontagem.
H	Vários pontos de coleta espalhados em estabelecimentos (supermercados, shoppings, lojas, prefeituras)	MG	30 kg/mês	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça, Eles não são separados. São encaminhados inteiros, sem qualquer tipo de desmontagem.
I	Ponto de coleta independente	PR	100kg	Não	Placas de Circuito impresso, Carregador, Carcaça
J	Coleta Seletiva Solidária - Ponto de Entrega Voluntária	RS	150 kg/mês	Não	Eles não são separados. São encaminhados inteiros, sem qualquer tipo de desmontagem.
K	Empresa recicladora	PR	De 20 a 50 kg/mês	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador
L	Empresa recicladora	RS	30 kg/mês	Não	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça
M	Central de Coleta, recebimento e reciclagem	SC	50 kg/ano	Nokia 50%, Motorola 20%, Samsung 10%, Blackberry 5%, Palmtop 5%, LG 5%, Outros 5%.	Baterias, Placas de Circuito impresso, Carregador, Carcaça

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 — Dados fornecidos pelos pontos de coleta a respeito da destinação dos componentes.

Nome fictício	Destino das baterias	Destino dos carregadores	Destino dos ímãs	Destino das carcaças	Destino das placas de circuito impresso	Destino das outras partes (ou celulares não desmontados)
A	Exportação	Para recicladoras independentes	Não informado	Para recicladoras independentes	Exportação	Para recicladoras independentes
B	Aterros específicos para resíduos perigosos	Reciclagem interna	Reciclagem interna	Reciclagem interna	Exportação	Reciclagem interna
C	Para recicladoras independentes	São totalmente descaracterizados	Para recicladoras independentes	são processadas, trituradas e voltam a ser resinas para outra injeção	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes
D	Para recicladoras independentes	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Exportação	Para recicladoras independentes
E	Para recicladoras independentes	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)	Aterro de resíduos comum	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes
F	Armazenados (no momento)	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes
G	Para recicladora certificada	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Exportação	Para recicladoras independentes
H	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes
I	Para recicladoras independentes	Exportação	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Exportação	Para recicladoras independentes
J	Os resíduos são vendidos fechados para a empresa.	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)	Os resíduos são vendidos fechados para a empresa.	Os resíduos são vendidos fechados para a empresa.	Os resíduos são vendidos fechados para a empresa.	Os resíduos são vendidos fechados para a empresa.
K	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes	Para recicladoras independentes
L	Exportação	Exportação	Exportação	Parte plástica é reciclada e a tela é encaminhada para aterro	Exportação	Aterros específicos para resíduos perigosos
M	Empresa especializada em reciclagem.	Utilização interna (peças de substituição, por exemplo). Totalmente desmontados, separados por cabos, placas, plásticos ABS	Empresas de reciclagem de metais ferrosos	Empresas de reciclagem de plásticos PS e ABS	Empresas especializadas em reparo e/ou reciclagem de placas de circuitos	São separados, selecionados e pré reciclados 100% dos aparelhos.

Fonte: Autoria própria.

Pode-se observar que alguns pontos de coleta não responderam sobre a quantidade de celulares recebida. Uma das hipóteses é que o formulário não foi formulado corretamente pelas respostas incompletas à pergunta de quantidade média de celulares recebidos. Outra hipótese é de que os locais não possuem um controle eficiente de quantidades ou não façam essa aferição, ou temem que dados possam vir a trazer problemas fiscais. Por fim, os dados relativos à quantidade podem ser confidenciais, especialmente quando se trata de empresas multinacionais, impedindo que se faça uma estimativa confiável da quantidade de *smartphones* descartados no país.

A partir dos dados recebidos, calculou-se um valor de 3,5 toneladas por ano de celulares descartados por ano. No entanto, esse valor é bastante inferior ao valor real, levando em consideração a baixa adesão das empresas, a ausência de disponibilidade de dados nos questionários respondidos e também a baixa adesão da população em levar os aparelhos fora de uso até um local de descarte apropriado, conforme visto anteriormente no item 5.2.1.

Somente um ponto de coleta possuía dados referentes à quantidade de celulares descartada por marca, o que corrobora com a segunda hipótese, de que não há um nível de organização e controle dessa magnitude. A baixa adesão dos locais e a impossibilidade de fornecimento de dados completos prejudica a análise de um panorama completo no país. De acordo com esse ponto de coleta, a quantidade de celulares recebidos por marca é de 50% Nokia, 20% Motorola, 10% Samsung, 5% Blackberry, 5% Palmtop, 5% LG e 5% são referentes à outras fabricantes.

Os resultados também mostraram que os celulares são separados dentro dos pontos de coleta e somente 30% dos pontos de coleta os encaminham inteiros para a reciclagem. Esse comportamento de segregar os componentes dos aparelhos recebidos não estava previsto para um ponto de coleta. Não é possível saber se os locais estão equipados para essa tarefa e se os funcionários recebem treinamentos periódicos e equipamentos de proteção individual (EPI's). Provavelmente os 30% dos aparelhos encaminhados inteiros serão separados dentro das recicladoras, como será visto no tópico a seguir.

Com relação às baterias, um ponto respondeu que envia para aterro de resíduos perigosos, mas o caminho preferível seria optar pela reciclagem. A maioria dos pontos de

coleta encaminha para empresas recicladoras independentes ou exporta as baterias após a separação.

Dos pontos de coleta participantes, 5 informaram que os carregadores são usados como peça de substituição. É um comportamento interessante, pois outras estratégias além da reciclagem podem ser incentivadas, como o reuso. Alguns autores relatam que as estratégias de fim de vida, como o reuso, podem contribuir com a redução da geração de resíduos. No entanto, uma implementação efetiva do reuso pode enfrentar barreiras, como a aceitação do consumidor e a dependência de um processo de logística reversa eficiente (COLE et al., 2019).

Um dos locais informou que os ímãs são enviados para aterro comum, o que poderia ser um indicativo de que estão sendo encaminhados para um aterro sanitário, já que não foram dadas mais informações. Os ímãs contêm uma quantidade bastante significativa de terras raras (MÜNCHEN E VEIT, 2017), sendo preferível a recuperação em vez de disposição final. Outros 8 pontos afirmaram enviar para empresas de reciclagem, 1 realiza a reciclagem dentro da empresa, 1 utiliza os ímãs como peça de substituição, 1 faz a exportação do componente e 1 não informou.

Já as partes plásticas, como as carcaças, são trituradas e mais facilmente recicladas por empresas nacionais. Um local informou que encaminha as telas para aterro (não foi informado qual): as telas possuem índio e estanho na sua composição, que poderiam ser recuperados em um processo de reciclagem (HASHIMOTO, 2015). Os demais locais não mencionaram o que é feito das telas.

As placas de circuito impresso são praticamente todas exportadas e nenhum ponto as encaminha para disposição final em aterros, o que pode se considerar uma alternativa razoavelmente boa, já que as placas possuem muito cobre, um pouco de prata, podendo também conter ouro. As placas de circuito impresso e as baterias são, em sua maioria, exportadas para empresas de reciclagem (DIAS et al., 2018). É sabido que em países como a Bélgica e o Canadá, existem indústrias que fazem processos de reciclagem para recuperar metais valiosos de resíduos de eletroeletrônicos. É o caso da Umicore (Bélgica) e da Enviroleach Technologies (Canadá).

5.2.2 Empresas Autodeclaradas Recicladoras

Ao todo, 11 empresas autodeclaradas recicladoras participaram da pesquisa. As empresas receberam nomes fictícios para que suas informações pudessem ser comparadas entre si e os dados recebidos encontram-se nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 — Dados das empresas recicladoras sobre quantidades de celulares recebidos e separação dos componentes.

Nome fictício da empresa	Localização da empresa	Forma de coleta ou recebimento dos celulares	Quantidade média de celulares recebidos	Dados por marca	Separação dos celulares recebidos	Separação dos componentes	Equipamentos utilizados	Tempo médio de separação dos componentes
A	Não informado	Entrega direta do consumidor e campanhas de reciclagem	em torno de 10 kg/mês	Não	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Carcaça	Separação manual	Parafusadeira, Empilhadeira, Serras automáticas, Furadeira de bancada, Moinho	Menos de 5 minutos
B	Não informado	Parceria com o governo municipal/ estadual/ federal, Entrega direta do consumidor, Recebimento de pontos de coleta de empresas de telefonia, de pontos de coleta de fabricantes de celulares, de empresas coletoras independentes, Campanhas de reciclagem, Logística Reversa	mais ou menos 1 tonelada	Não	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça	Separação manual, Moagem, Separação com uso de ferramentas	Parafusadeira, Empilhadeira, Serras automáticas, Furadeira de bancada, Moinho, extrusoras e prensas de injeção	Menos de 5 min
C	Não informado	Entrega direta do consumidor, PEVs	Informação interna	Informação interna	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador	Separação manual, Separação com uso de ferramentas	Parafusadeira, ferramenta manual	Depende
D	Não informado	Recebimento de pontos de coleta de empresas de telefonia, de pontos de coleta de fabricantes de celulares, de empresas coletoras independentes, Campanhas de reciclagem	1,2 toneladas	Não	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Carcaça, tela de vidro (OCTA)	Separação manual, equipamento de processamento	Parafusadeira, Empilhadeira, Moinho/shredder	Menos de 5 minutos
E	Não informado	Parceria com o governo municipal/ estadual/ federal, Entrega direta do consumidor, Recebimento de pontos de coleta de empresas de telefonia, Campanhas de reciclagem	30 kg mês	Não	Não são desmontados, são diretamente moídos	Separação manual	Parafusadeira, Empilhadeira, Serras automáticas, Furadeira de bancada	Entre 15 e 20 min
F	Não informado	Catadores, Entrega direta do consumidor, Campanhas de reciclagem	10 kg/mês	Não	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Carcaça	Enviados inteiros para empresa exportadora	Parafusadeira, Empilhadeira	Menos de 5 min
Nome fictício da empresa	Localização da empresa	Forma de coleta ou recebimento dos celulares	Quantidade média de celulares recebidos	Dados por marca	Separação dos celulares recebidos	Separação dos componentes	Equipamentos utilizados	Tempo médio de separação dos componentes

G	Não informado	Entrega direta do consumidor, Campanhas de reciclagem, Recebimento dos pontos de coleta também	30 kg/mês	Não	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça	Separação com uso de ferramentas, A triagem é feita de forma manual, mas a segregação é feita com ferramentas	Parafusadeira, Empilhadeira	Entre 15 e 20 minutos
H	Não informado	Catadores, Entrega direta do consumidor, Recebimento de empresas coletoras independentes	100 kg/mês	Não	Placas de circuito impresso, Carregador, Carcaça	Separação com uso de ferramentas	Parafusadeira, Empilhadeira, Furadeira de bancada, Moinho	Entre 5 e 10 minutos
I	Não informado	Catadores, Parceria com o governo municipal/ estadual/ federal, Entrega direta do consumidor, Recebimento de pontos de coleta de empresas de telefonia, de pontos de coleta de fabricantes de celulares, de empresas coletoras independentes, Campanhas de reciclagem	10 toneladas/ ano	Não	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Ímãs, Carcaça	Separação manual, Moagem, Separação com uso de ferramentas	Parafusadeira, Empilhadeira, Serras automáticas, Moinho	Menos de 5 minutos
J	Não informado	Recebimento de pontos de coleta de fabricantes de celulares	1 tonelada/ mês	Não podemos informar	Baterias, Placas de circuito impresso, Carregador, Carcaça	Moagem, Equipamento multimatéria	Parafusadeira, Empilhadeira, Moinho, Equipamento multimatéria	Entre 5 e 10 minutos
K	RJ	Recebimento de empresas coletoras independentes	Não informado	Não	Placas de circuito impresso, Carcaça	Separação manual, Separação com uso de ferramentas	Parafusadeira, Empilhadeira, Furadeira de bancada	Menos de 5 minutos

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11 — Dados das empresas recicladoras a respeito da destinação dos componentes.

Nome fictício da empresa	Destino das baterias	Destino das placas de circuito impresso	Destino dos carregadores	Destino dos ímãs	Destino das carcaças	Destino das outras partes (ou celulares não desmontados)	Valor de compra estimado (R\$/kg) para cada parte	Parte mais valiosa (1) a menos valiosa (5), em caso não seja possível informar valores
A	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Aterros específicos para resíduos perigosos	Pagamento pelo celular inteiro entre R\$ 10,00 e R\$ 20,00 o kg	A placa é a parte mais valiosa
B	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	descaracterização total	Venda para outras recicladoras	moagem, extrusão e injeção	Venda para outras recicladoras	Não informado	Não informado
C	Venda para outras recicladoras, Aterros específicos para resíduos perigosos	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras, Aterros específicos para resíduos perigosos	Venda para outras recicladoras, Aterros específicos para resíduos perigosos	Não informado	Placa e o restante
D	Exportação	Exportação, Reciclagem dentro da empresa	Reciclagem dentro da empresa	Reciclagem dentro da empresa	Reciclagem dentro da empresa	Aterros específicos para resíduos perigosos, Aterro de resíduos comum	Não é efetuada compra	Não é efetuada compra
E	Estocagem interna	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Bateria (não é vendida), placas R\$35,00, ímãs R\$8,00 e carcaça R\$0,00	Não informado
F	Pagamento para destinadora especializada	Exportação	Estocagem interna	Exportação	Exportação	Exportação	R\$ 15,00/kg o celular inteiro sem a bateria	Não informado
G	Envio para outra empresa recicladora que cobra para fazer o processo de reciclagem dessas baterias, por serem considerados resíduos classe 1, resíduos perigosos	Venda para outras recicladoras	Reciclagem dentro da empresa	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras, Reciclagem dentro da empresa	Venda por kg, por volta de R\$42,00/kg, depende do componente	1 - placa, 2 - tela, 3- carregador, 4 - ímã, 5- carcaça, 6 - bateria
Nome	Destino das baterias	Destino das placas	Destino dos	Destino dos ímãs	Destino das	Destino das outras	Valor de compra	Parte mais valiosa (1) a

ficício da empresa		de circuito impresso	carregadores		carcaças	partes (ou celulares não desmontados)	estimado (R\$/kg) para cada parte	menos valiosa (5), em caso não seja possível informar valores
H	Venda para outras recicladoras	Exportação	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Não é possível precificar por parte	placa, carregador, imã, carcaça e bateria
I	Estocagem interna, Exportação, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Exportação, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Exportação, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Aterros específicos para resíduos perigosos, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Exportação, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Venda para outras recicladoras, Exportação, Aterros específicos para resíduos perigosos, Aterro de resíduos comum, Reciclagem dentro da empresa	R\$50,00/kg	de R\$1,00 até R\$200,00
J	Estocagem interna, Exportação	Estocagem interna, Exportação, Reciclagem dentro da empresa, Depende do contrato	Estocagem interna, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Reciclagem dentro da empresa	Estocagem interna, Aterros específicos para resíduos perigosos	Não é efetuada compra	Não informado
K	Estocagem interna	Venda para outras recicladoras	Não há recebimento	Não há recebimento	Venda para outras recicladoras	Venda para outras recicladoras	Não informado	Não informado

Fonte: Autoria própria.

Quase 73% das empresas recebem diretamente do consumidor, o que demonstra que elas também atuam como pontos de coleta, e 3 disseram que recebem de catadores. Essa informação é muito importante já que o catador é inserido no fluxo da reciclagem - uma particularidade do Brasil. As demais empresas recebem dos pontos de coleta, um reforço da importância de a população buscar pontos de coleta adequados.

As quantidades recebidas variaram bastante, entre 30 kg/mês e 1 tonelada/mês. Alguns informaram que, devido a termos de confidencialidade, não podem informar a quantidade por marca. Por isso, não foi possível realizar uma estimativa concreta da geração de resíduos desse tipo no Brasil. Entretanto, ficou bastante claro que os celulares são desmontados majoritariamente manualmente ou com uso de ferramentas.

As baterias e placas de circuito impresso não são recicladas pelas recicladoras pesquisadas, elas são vendidas ou exportadas. Dias et al. (2018) encontraram que a maioria das empresas recicladoras no Brasil envia para empresas estrangeiras os componentes mais complexos (placas de circuito impresso, por exemplo).

Outro ponto é que quase todas as empresas disseram que a placa de circuito impresso é a parte mais valiosa e a bateria é a menos valiosa. Isso mostra muito desconhecimento a respeito de baterias, já que elas contêm de 5 a 20% de cobalto (CALGARO et al., 2012, p. 862 apud SHIN et al., 2005) que, além de ser um metal crítico, possui um custo muito mais elevado que o cobre. Apenas uma empresa informou que realizava a moagem, extrusão e injeção das carcaças de plástico e somente uma informou que realizava reciclagem das partes (como carregadores) dentro da empresa, mas não especificou por qual processo.

Na tabela 12 estão listados os materiais mais valiosos encontrados em *smartphones* e a receita potencial que pode ser obtida a partir de sua reciclagem. O processo de reciclagem é composto de variadas etapas e pode se tornar inviável economicamente. Fontana et al. (2019) encontraram que a fração mais abundante de material em *smartphones* são os polímeros (33%), seguido de baterias (24%), partes eletrônicas (23%), metais (11%) e telas (9%) porém, a recuperação do ouro um valor potencial de quase 10 mil euros por tonelada. Uma hipótese a ser considerada é que a recuperação dos materiais mais valiosos pode ajudar a manter os custos de recuperação dos menos valiosos.

Tabela 12 — Receita potencial dos materiais de maior valor na reciclagem de *smartphones*.

Materiais mais valiosos	Massa (kg) por tonelada de <i>smartphones</i>	Preço do material (euros/kg)	Valor (euros/tonelada)
Au (ouro)	0,276	33612	9277
Cu (cobre)	132	6,56	867
Ag (prata)	0,345	416	144
Ni (níquel)	11,7	11,75	138
Sn (estanho)	8	18,9	151
Al (alumínio)	100	0,46	46
Polímeros	330	1	330
Baterias	240	0,12	29
Telas	90	Não disponível	Não disponível

Fonte: Adaptado de Fontana et al., 2019.

Um ponto intrigante é que, apesar de algumas empresas terem se declarado como recicladoras, a maior parte delas revendia ou exportava os resíduos. A resposta esperada dessas empresas era de que a reciclagem fosse realizada dentro da empresa. Algumas declararam realizar a “reciclagem interna” de alguns componentes, mas nenhuma forneceu informações sobre os processos utilizados. Isso pode gerar uma reflexão sobre que tipo de processamento é realmente realizado pelas recicladoras brasileiras.

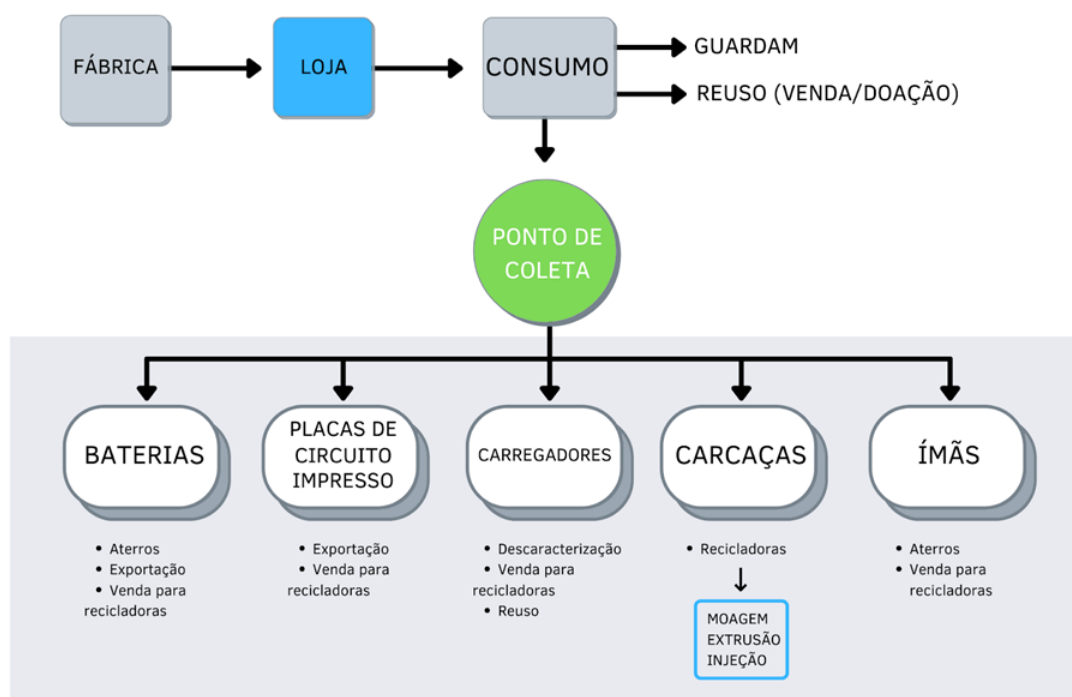
A dificuldade em conseguir informações com as empresas não foi uma surpresa, mas a falta de retorno, sim. Empresas menores foram mais solícitas do que as maiores, demonstrando interesse no trabalho e até oferecendo ajuda. A falta de divulgação dos serviços oferecidos pelas empresas pode ser um dos motivos para o grande número de respostas de usuários que desconhecem pontos de coleta de resíduos eletrônicos.

Algumas respostas recebidas podem indicar falta de atenção na hora do preenchimento das questões ou dificuldade na interpretação do que foi requisitado. Outra hipótese é de que as empresas temem em divulgar dados e serem alvo de fiscalização. Um trabalho futuro de mapeamento das empresas e dos pontos de coleta de resíduos eletrônicos para disponibilizar ao público seria muito interessante, mas necessitaria da colaboração de mais pessoas, principalmente para garantir uma maior adesão das empresas recicladoras e pontos de coleta.

5.3 Fluxograma da Logística Reversa de Celulares no Brasil

Conforme o objetivo específico de descrever uma rota, desde a compra até a destinação final, da reciclagem de celulares no Brasil a partir dos dados obtidos com os usuários participantes da pesquisa, foi elaborado um fluxograma (Figura 10). Nele é possível compreender melhor o caminho percorrido pelos *smartphones* no Brasil e o que ocorre com seus componentes após serem encaminhados para pontos de coleta e empresas recicladoras.

Figura 10 — Fluxograma da logística reversa dos *smartphones* e seus componentes no Brasil.



Fonte: Autoria própria.

Dentre os resultados da pesquisa com usuários, foi possível identificar que é pequena a porcentagem de pessoas que descartam seu *smartphone* antigo no lixo comum, ou seja, já possuem algum nível de discernimento entre os diferentes resíduos e suas destinações. O fluxo de celulares fora de uso entre o consumidor e as empresas recicladoras não é contínuo, já que quase metade dos usuários guarda seus aparelhos antigos, para desempenhar outras funções ou por desconhecimento dos pontos de coleta disponíveis. No entanto, por estarem acumulando aparelhos fora de uso, os usuários podem ainda não ter percebido a sua responsabilidade de dar a destinação correta aos

resíduos eletroeletrônicos, de acordo com o princípio da logística reversa. Aparelhos guardados não são descartados incorretamente, mas deixam de se tornar matéria-prima.

Além disso, a segunda opção dos usuários foi o reuso, vendendo ou doando o aparelho, aumentando o seu tempo de ciclo de vida, o que pode ser considerado um ponto positivo. O fato de os pontos de coleta efetivamente segregarem os resíduos recebidos em vez de só destinarem inteiros para empresas recicladoras pode ser preocupante por questões de segurança. Não é possível afirmar se os locais estão devidamente preparados para essa atividade e se os funcionários estão capacitados. Apesar disso, os pontos de coleta dão o encaminhamento necessário para cada peça, enviando para outras empresas recicladoras ou exportando.

Pelo fluxograma é possível identificar que todas as partes analisadas são encaminhadas para outras empresas recicladoras. Infelizmente, as empresas autodenominadas recicladoras que responderam o formulário não reciclam, efetivamente, todos os resíduos que recebem. Dias et al. (2018) encontraram que a maioria das empresas recicladoras de REEE estão focadas na fase de desmantelamento, que os materiais mais fáceis de separar (como cobre e alumínio) são revendidos para outras empresas, mas que os materiais mais complexos (placas de circuito impresso, por exemplo), são exportadas para serem recicladas. O mesmo caminho pode ser observado para a parcela dos *smartphones* neste estudo. Como o formulário não questionou quais os processos de reciclagem que as empresas adotam, não se sabe se as empresas que afirmaram realizar a “reciclagem interna” dos componentes realmente utilizam algum método.

6 CONCLUSÃO

O grande percentual de usuários participantes da pesquisa que afirmam guardar o aparelho antigo reforça o receio do aparelho novo parar de funcionar subitamente (obsolescência ou acidente) ou ser furtado, junto da falta de conhecimento a respeito de pontos de coleta. No Decreto nº 10240, de 12/02/2020, está prevista a elaboração de planos de comunicação e de educação ambiental não formal para divulgar a implantação do sistema de logística reversa, como complementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O reuso (através da venda ou doação) é uma prática comum entre os usuários e pode ser uma estratégia para obtenção de um caixa rápido (para a compra de um novo aparelho) ou ser uma forma mais acessível de trocar de aparelho. Além disso, as práticas de reuso são normalmente vistas como estratégias de redução da geração de resíduos. Muitos países vêm estudando maneiras de implementar o reuso em larga escala. Neste trabalho, foi observado que o Brasil, apesar de não possuir um programa formal para incentivar o reuso, adota essa prática de maneira informal.

O comportamento da faixa etária de 46 a 60 anos quanto ao correto descarte de aparelhos em locais apropriados (lojas, assistências técnicas, pontos de coleta, etc.) foi uma surpresa se comparada aos das faixas etárias mais jovens. Não foram observadas diferenças significativas quanto ao comportamento de descarte de *smartphones* entre os participantes da pesquisa com ou sem ensino superior completo, indicando que, dentro da população consultada, o nível de escolaridade não interfere neste aspecto.

O próprio conceito de obsolescência programada tende a direcionar a responsabilidade sobre a crescente produção de resíduos para os fabricantes, diminuindo a responsabilidade sobre o usuário consumidor. No entanto, a PNRS e o instrumento da logística reversa trazem a responsabilidade compartilhada sobre todos dentro do ciclo de vida do produto. Isso foi observado neste trabalho por meio das respostas de pontos de coleta relacionados a fabricantes de aparelhos ou empresas de telefonia. Essas empresas normalmente possuem programas de coleta dos aparelhos, como parte de sua logística reversa.

Poucas empresas se mostraram dispostas a participar da pesquisa e muitas não possuíam dados concretos, o que dificultou a coleta de dados. Esse comportamento também mostra um problema tanto em questão de atendimento quanto de organização interna, possíveis problemas fiscais ou questões de privacidade empresarial. Muitas empresas se denominaram como recicladoras, mas só faziam o redirecionamento dos resíduos, poucas realizando o processo de reciclagem no local.

Apesar disso, foi possível determinar uma rota de destinação dos aparelhos celulares no Brasil, a partir dos dados coletados pelos formulários. Quase 50% dos usuários guarda os aparelhos antigos, 35% faz o reuso dos celulares (venda ou doação) e 5,9% afirmou descartar em locais apropriados (pontos de coleta, lojas e assistência técnica autorizada). Os aparelhos que chegam aos pontos de coleta são desmontados e as partes são separadas. Cada componente é enviado para uma empresa recicladora independente ou é exportado. Dentro das empresas recicladoras, poucas realizam o processo de reciclagem de todos os componentes, a maioria repetindo o processo dos pontos de reciclagem através da venda ou exportação.

Quanto ao fato de os pontos de coleta participantes terem afirmado realizar a segregação dos componentes, não é possível definir se esse comportamento é um ponto positivo. Não é possível afirmar se há condições de segurança nos locais e pessoal treinado capaz de realizar essa tarefa de forma correta. Em tese, os pontos de coleta deveriam destinar os aparelhos para as ditas empresas recicladoras, atuando como um aglutinador de resíduos.

Conforme os dados recebidos, foi concluído que há uma confusão nas denominações “ponto de coleta” e “empresa recicladora” pelos participantes, baseado no fato de que os pontos de coleta informaram que realizam a segregação dos componentes dos *smartphones* e de que as empresas recicladoras pouco reciclam os resíduos que recebem, revendendo ou exportando os mesmos. Além disso, existe a possibilidade de as empresas que declararam realizar “reciclagem interna” dos componentes estarem se referindo à reuso. Se faz necessário questionar quais são os métodos utilizados nos processos de reciclagem interna das empresas em questão.

A dificuldade de coletar dados das empresas e dos pontos de coleta, a falta de dados internos, somadas ao comportamento dos usuários perante a responsabilidade

compartilhada e o fluxo de redirecionamento de resíduos, todos juntos, apresentam um panorama muito confuso sobre a destinação dos *smartphones*. Estudos futuros que atinjam uma participação maior tanto de usuários como de pontos de coleta e empresas recicladoras, podem auxiliar a formular estratégias que aumentem o percentual de aparelhos destinados adequadamente e fomentem a efetiva reciclagem dos componentes dos resíduos eletroeletrônicos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAINES, T.S. et al. State-of-the-art in product-service systems. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, [S. l.], ano 2007, v. 221, p. 1543-1552, 25 jun. 2007. DOI: 10.1243/09544054JEM858. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5194130/mod_folder/content/0/Baines%20et%20al.%20-%202007%20-%20State-of-the-art%20in%20product-service%20systems.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 8 maio 2021.

BBC Future. Os metais valiosos contidos em seu smartphone - e por que ele pode se tornar um problema ambiental. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-38092622>>. Acesso em: 03 de maio de 2021.

BINNEMANS, Koen et al. Recycling of rare earths: a critical review. Journal of Cleaner Production, [S. l.], ano 2013, v. 51, p. 1-22, 5 jan. 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652612006932>. Acesso em: 6 maio 2021.

BUCHERT, Matthias et al. Recycling critical raw materials from waste electronic equipment. Oko-Institute. V. Institute for Applied Ecology, [S. l.], p. 1-88, 24 fev. 2012.

CALGARO, Camila Ottonelli et al. Recuperação de cobalto de baterias íon-lítio através de lixiviação ácida e eletro-obtenção. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, [S. l.], ano 2012, v. 5, n. 5, p. 867 - 874, 2012. DOI <https://doi.org/10.5902/223611704265>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4265>. Acesso em: 6 maio 2021.

CHARLES, et al. An investigation of trends in precious metal and copper content of RAM modules in WEEE: Implications for long term recycling potential. Waste Management, [S. l.], ano 2017, v. 60, p. 505-520, 24 nov. 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.018>.

COLE, Christine et al. Assessing barriers to reuse of electrical and electronic equipment, a UK perspective. Resources, Conservation & Recycling: X, [S. l.], ano 2019, v. 1, p. 100004, 27 jun. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590289X19300015?via%3Dihub>. Acesso em: 5 maio 2021.

COMISSÃO EUROPEIA. In: COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES relativa à lista de 2017 das matérias-primas essenciais para a UE. [S. l.], 15 nov. 2017. Disponível em: [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2017\)490&lang=pt](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2017)490&lang=pt). Acesso em: 3 maio 2021.

COMPUTERWORLD-IDG. Quase a totalidade de pessoas no Brasil usam o celular para acessar a internet. [S. l.], 4 maio 2020. Disponível em: <https://computerworld.com.br/negocios/quase-a-totalidade-de-pessoas-no-brasil-usam-o-celular-para-acessar-a-internet/#:~:text=Os%20dados%20mostram%20que%2079,88%2C5%25%20em%202018>. Acesso em: 11 maio 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. A indústria elétrica e eletrônica impulsionando a economia verde e a sustentabilidade. Confederação Nacional da Indústria, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Brasília : CNI, 2017.

COUTINHO, G.L. A era dos smartphones: um estudo exploratório sobre o uso dos smartphones no Brasil. Monografia. (Graduação em Comunicação Social). Faculdade de Comunicação, Universidade Federal de Brasília, Distrito Federal, 2014. Disponível em: < <http://bdm.unb.br/handle/10483/9405>> Acesso em: 04 maio 2021.

DEMARCO, Jessica de Oliveira et al. Recovery of metals from spent lithium-ion batteries using organic acids. *Hydrometallurgy*, [S. l.], ano 2019, v. 190, p. 105169, 15 out. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.105169>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X18309642?via%3Dihub>. Acesso em: 7 maio 2021.

DIAS, Pablo et al. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], ano 2018, v. 174, p. 7-16, 21 out. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.219>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617325295?via%3Dihub>. Acesso em: 7 maio 2021.

ECHEGARAY, Fabián. Consumers' reactions to product obsolescence in emerging markets: the case of Brazil. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], ano 2016, v. 134, p. 191-203, 8 set. 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.119>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615012202?via%3Dihub>. Acesso em: 11 maio 2021.

EMPÓRIO DO CELULAR. Como funcionam as telas touchscreen. 2020. Disponível em: <<https://emporiocelular.com.br/blog/como-funcionam-as-telas-touch-screen/>> Acesso em: 04 de maio de 2021.

ERICSSONERS. Gs88 ‘Penelope’ - Smartphone concept by Ericsson. Disponível em: <<https://ericssoners.wordpress.com/2016/06/13/g88/>> Acesso em: 02 de maio de 2021.

FONTANA, Danilo et al. A comprehensive characterization of End-of-Life mobile phones for secondary material resources identification. *Waste Management*, [S. l.], ano 2019, v. 99, p. 22-30, 27 ago. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.08.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X19305252?via%3Dihub>. Acesso em: 5 maio 2021.

FORTI, Vanessa. O crescimento do lixo eletrônico e suas implicações globais. *Panorama setorial da Internet*, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 1-20, dez. 2019. Disponível em: <https://cetic.br/media/docs/publicacoes/6/20191217174403/panorama-setorial-xi-4-lixo-eletronico-atualizado.pdf>. Acesso em: 4 maio 2021.

GIZMODO. IBM Simon, o smartphone original, completou 20 anos de vida. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/20-anos-ibm-simon/>> Acesso em: 02 de maio de 2021.

HASHIMOTO, Hugo. Estudo da extração de índio a partir de telas de cristal líquido (LCD). 2015. 106 p. Dissertação de mestrado (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [S. l.], 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Uma análise das condições de vida da população brasileira 2020. Estudos e Pesquisas: Informação Demográfica e Socioeconômica, 43, 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101760.pdf> Acesso em: 02 maio 2021.

IPLACE REFRESH. O jeito fácil de ter um iPhone novo todo ano. 7 jun. 2019. Disponível em: <https://somos.lojaiplace.com.br/2019/06/07/iplace-refresh-iphone-novo-todo-ano/amp/>. Acesso em: 24 maio 2021.

ISLAM, Md Tasbirul et al. Waste mobile phones: A survey and analysis of the awareness, consumption and disposal behavior of consumers in Australia. *Journal of Environmental Management*, [S. l.], ano 2020, v. 275, n. 1, p. 111111, 20 ago. 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111111>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720310380?via%3Dihub>. Acesso em: 1 maio 2021.

ITGREEN. Mapeamento do ciclo de vida de equipamentos eletrônicos. Disponível em: <http://www.itgreen.org.br/?residuos=mapeamento-do-ciclo-de-vida-de-equipamentos-eletronicos> Acesso em: 26 de julho de 2020.

KAHHAT, Ramzy; KIM, Junbeum; XU, Ming; ALLENBY, Braden; WILLIAMS, Eric; ZHANG, Peng. Exploring e-waste management systems in the United States. *The International Journal of Life Cycle Assessment, Resources, Conservation and Recycling*, ano 2008, v. 52, n. 7, p. 955-964, 2 maio 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.03.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344908000360>. Acesso em: 17 maio 2021.

KIM, Junghun; LEE, Hyunjoo; LEE, Jongsu. Smartphone preferences and brand loyalty: A discrete choice model reflecting the reference point and peer effect. *Journal of Retailing and Consumer Services*, [S. l.], ano 2020, v. 52, p. 101907, 20 ago. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101907>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969698919304990?via%3Dihub>. Acesso em: 11 maio 2021.

LAGO, Davi. Há mais de um smartphone por habitante no Brasil. [S. l.], 4 out. 2020. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/blog/matheus-leitao/ha-mais-de-um-smartphone-por-habitante-no-brasil/>. Acesso em: 11 maio 2021.

LESSA, Yasmin Ferreira. A importância da reciclagem dos resíduos eletrônicos no Brasil. 2018. 60 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Administração) - Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Turismo - Universidade Federal Fluminense UFF, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/9142/1/TCC%20YASMIM%20FERREIRA%20LESSA.pdf>. Acesso em: 4 maio 2021.

LINZMAIER, Jeferson et al. Análise do Ciclo de Vida de Produtos Eletroeletrônicos: um estudo introdutório visando um sistema produto-serviço. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA), [S. l.], p. 1-16, dez. 2018. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/20/anais/arquivos/357.pdf>. Acesso em: 3 maio 2021.

MARTINHO, Graça; MAGALHÃES, Diogo; PIRES, Ana. Consumer behavior with respect to the consumption and recycling of smartphones and tablets: An exploratory study in Portugal. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], ano 2017, v. 156, n. 10, p. 147-158, 7 abr. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617307473?via%3Dihub>. Acesso em: 3 maio 2021.

MCCARTY, Brad. The History of the Smartphone. 2011. Disponível em: <http://thenextweb.com/mobile/2011/12/06/the-history-of-the-smartphone/>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

MEDIUM. The Gadget we miss: The Nokia 9000 Communicator. Disponível em: <https://medium.com/people-gadgets/the-gadget-we-miss-the-nokia-9000-communicator-ef8e8c7047ae> Acesso em: 02 de maio de 2021.

MORAES, Daniela da Gama e Silva Volpe Moreira de et al. Logística reversa de celulares: avaliação ambiental de cenários. XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção, [S. l.], p. 1-14, 18 dez. 2012. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_167_970_19913.pdf. Acesso em: 3 maio 2021.

MÜNCHEN, Daniel Dotto; VEIT, Hugo Marcelo. Neodymium as the main feature of permanent magnets from hard disk drives (HDDs). *Waste Management*, [S. l.], ano 2017, v. 61, p. 372-375, 1 fev. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.032>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X1730034X?via%3Dihub>. Acesso em: 7 maio 2021.

OLHAR DIGITAL. Ano a ano: veja como o iPhone evoluiu desde 2007. 2017. Disponível: <https://olhardigital.com.br/2017/06/28/noticias/ano-a-ano-veja-como-o-iphone-evoluiu-desde-2007/> > Acesso em: 04 de maio de 2021.

OLHAR DIGITAL. Samsung apresenta Galaxy s20. 2017. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2020/02/11/noticias/samsung-apresenta-galaxy-s20-s20-plus-e-s20-ultra-conheca-os-celulares/> Acesso em: 04 de maio de 2021.

OLHAR DIGITAL. Vídeo mostra como são feitas as baterias dos smartphones. 2020. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2020/01/13/noticias/video-mostra-como-sao-feitas-as-baterias-dos-smartphones/> Acesso em: 05 de maio de 2021.

ONGONDO, F.O.; WILLIAMS, I.D. Greening academia: Use and disposal of mobile phones among university students. *Waste Management*, [S. l.], ano 2011, v. 31, n. 7, p. 1617-1634, 3 mar. 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X11000663>. Acesso em: 9 maio 2021.

OTTONI, M.S.O; Nascimento, H.F.; Xavier, L.H. Geração de resíduos eletroeletrônicos no estado do Rio de Janeiro: Logística reversa a partir dos pontos de entrega voluntária (PEVS). In: 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2018, Gramado, Conresol, 2018.

PACHECO, Mariã Aparecida Torres et al. O uso do celular como ferramenta pedagógica: uma experiência válida. VI Seminário Internacional sobre profissionalização decente, [S. l.], p. 6363-6376, 2009. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24549_12672.pdf. Acesso em: 3 maio 2021.

PERKINS, Devin N.; DRISSE, Marie-Noel Brune; NXELE, Tapiwa; SLY, Peter D., E-Waste: a global hazard. *Annals of global health*, [S. l.], ano 2014, v. 80, n. 4, p. 286–295, 25 nov. 2014. DOI <http://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>. Disponível em: <https://annalsofglobalhealth.org/articles/abstract/10.1016/j.aogh.2014.10.001/>. Acesso em: 15 maio 2021.

POLÁK, Miloš; DRÁPALOVÁ, Lenka. Estimation of end of life mobile phones generation: The case study of the Czech Republic. *Waste Management*, [S. l.], ano 2012, v. 32, n. 8, p. 1583-1591, 30 abr. 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X12001390?via%3DiHub>. Acesso em: 11 maio 2021.

POSITIVO. Obsolescência programada. Disponível em: <https://www.meupositivo.com.br/panoramapositivo/obsolescencia-programada/>. Acesso em 06 de maio de 2021.

PRADO, Olívia Amaral et al. Agravos à saúde decorrentes do descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos: revisão de literatura. XI WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA, [S. l.], p. 1-10, out. 2016. Disponível em: <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/324/8b43e293543faccecf2bd327d283a01b.pdf>. Acesso em: 5 maio 2021.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto nº 10240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. [S. l.], v. 48, 2020. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=389786>. Acesso em: 5 maio 2021.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos; [S. l.], 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 6 maio 2021.

ROLLAT, Alain et al. Prospective analysis of the flows of certain rare earths in Europe at the 2020 horizon. *Waste Management*, [S. l.], ano 2016, v. 49, p. 427-436, 23 jan. 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X16300113>. Acesso em: 13 maio 2021.

SATYRO, Walter Cardoso et al. Planned obsolescence or planned resource depletion? A sustainable approach. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], ano 2018, v. 195, p. 744-752, 29 maio 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.222>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618315695>. Acesso em: 2 maio 2021.

SCHWARZER, STEFAN, ET AL. & United Nations Environment Programme. E-waste, the hidden side of IT equipment 's manufacturing and use. *Environment Alert Bulletin*, [S. 1.], v. 5, p. 1-5, 2005. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/E-waste%2C-the-hidden-side-of-IT-equipment%27s-and-use-Schwarzer-Bono/be902ef65fc39202b84b9997c487780640d4748f>. Acesso em: 4 maio 2021.

SHIN, Shun Myung et al. Development of a metal recovery process from Li-ion battery wastes. *Hydrometallurgy*, [S. 1.], v. 79, n. 3-4, p. 172-181, 18 jul. 2005. DOI <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2005.06.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X0500143X>. Acesso em: 11 maio 2021.

SILVEIRA, Geraldo T.R.; CHANG, Shoou-Yuh. Cell phone recycling experiences in the United States and potential recycling options in Brazil. *Waste Management*, ano 2010, v. 30, n. 11, p. 2278-2291, 15 jun. 2010. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.05.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X10002965>. Acesso em: 10 maio 2021.

SUCKLING, James; LEE, Jacquetta. Redefining scope: the true environmental impact of smartphones? *The International Journal of Life Cycle Assessment* volume, [S. 1.], ano 2015, v. 20, p. 1181–1196, 10 jun. 2015. DOI <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0909-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-015-0909-4>. Acesso em: 2 maio 2021.

TONI, Deonir de; MILAN, Gabriel Sperandio; SCHULER, Maria. O desenvolvimento de novos produtos: um estudo exploratório ambientado em empresas de acessórios plásticos para móveis. *Revista Produção*, [S. 1.], ano 2005, v. 5, n. 2, p. 1-15, jun. 2005. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/339/434>. Acesso em: 10 maio 2021.

TROMBINI, Fátima; GOMES, Olga Venimar de Oliveira. Reaproveitamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos - REEE - Uma visão sobre o trabalho dos artesãos e os impactos sobre a saúde e o meio ambiente: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/BA. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, [S. 1.], p. 1-10, nov. 2013. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/III-042.pdf>. Acesso em: 1 maio 2021.

VEJA ABRIL. 5,1 bilhão de pessoas têm celular no planeta, sendo 204 milhões no Brasil Leia mais em: <https://veja.abril.com.br/economia/51-bilhao-de-pessoas-tem-celular-no-planeta-sendo-204-milhoes-no-brasil/>. [S. 1.], 8 set. 2019. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/51-bilhao-de-pessoas-tem-celular-no-planeta-sendo-204-milhoes-no-brasil/>. Acesso em: 11 maio 2021.

VIDA LONGA AO CELULAR. [S. 1.], 6 fev. 2020. Disponível em: <https://manualdousuario.net/longevidade-celular/#:~:text=%C3%80%20IDC%2C%20elas%20disseram%20que,trocar%20%5Bd e%20celular%5D%20antes>. Acesso em: 17 maio 2021.

VIERA, Karina Nascimento et al. A Logística Reversa do Lixo Tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da BRASKEM. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, [S. 1.], ano 2009, v. 3, n. 3, p. 120-136, dez. 2009. DOI

<https://doi.org/10.24857/rgsa.v3i3.180>. Disponível em: <https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/180>. Acesso em: 3 maio 2021.

VIVO. Programa Vivo Renova. Disponível em: <<https://www.vivo.com.br/para-voce/por-que-vivo/beneficios/vivo-renova>> Acesso em: 02 de maio de 2021.

WIESER, Harald; TRÖGER, Nina. Exploring the inner loops of the circular economy: Replacement, repair, and reuse of mobile phones in Austria. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], ano 2018, v. 172, n. 20, p. 3042-3055, 15 nov. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.106>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617327798?via%3Dihub>. Acesso em: 3 maio 2021.

WILSON, Garrath T. et al. The hibernating mobile phone: Dead storage as a barrier to efficient electronic waste recovery. *Waste Management*, [S. l.], ano 2017, v. 60, p. 521-533, 4 jan. 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16307607?via%3Dihub>. Acesso em: 12 maio 2021.

YEH, Ching-Hsuan; WANG, Yi-Shun; YIEH, Kaili. Predicting smartphone brand loyalty: Consumer value and consumer-brand identification perspectives. *International Journal of Information Management*, [S. l.], ano 2016, v. 36, n. 3, p. 245-257, 4 jan. 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.11.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026840121500122X?via%3Dihub>. Acesso em: 5 maio 2021.

ANEXO A – Formulários utilizados na coleta de dados.

PESQUISA SOBRE CONSUMO E DESCARTE DE CELULARES TIPO “SMARTPHONE”

A pesquisa a seguir faz parte de um trabalho desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e tem como objetivo conhecer os hábitos da população com relação ao consumo e descarte de seus smartphones. A pesquisa demora menos de 5 minutos para ser respondida e não é necessário fornecer nenhum dado pessoal. Apenas marque a alternativa que melhor se enquadra na sua situação.

***Obrigatório**

1. Você tem 18 anos ou mais? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

Pular para a pergunta 2

PESQUISA SOBRE CONSUMO E DESCARTE DE CELULARES TIPO “SMARTPHONE”

A pesquisa a seguir faz parte de um trabalho desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e tem como objetivo conhecer os hábitos da população com relação ao consumo e descarte de seus smartphones. A pesquisa demora menos de 5 minutos para ser respondida e não é necessário fornecer nenhum dado pessoal. Apenas marque a alternativa que melhor se enquadra na sua situação.

2. Qual sua faixa etária? *

Marcar apenas uma oval.

- 18 a 25 anos
 26 a 35 anos
 36 a 45 anos
 46 a 60 anos
 Mais de 60 anos

3. Sexo: *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
 Masculino
 Prefiro não responder

4. De acordo com a classificação do IBGE, você se considera de cor ou etnia (caso a sua não esteja indicada abaixo, utilize a opção "Outros"): *

Marcar apenas uma oval.

- Parda
 Preta
 Branca
 Indígena
 Amarela
 Outro: _____

5. Grau de escolaridade: *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental incompleto
 Fundamental completo
 Médio completo
 Superior completo
 Pós-graduação

6. Renda familiar mensal (1 salário mínimo R\$1045,00): *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 1 salário mínimo
 De 1 a 2 salários
 De 3 a 4 salários
 De 5 a 6 salários
 De 7 a 10 salários
 Mais de 10 salários

7. Número de moradores de sua família (número de pessoas no núcleo familiar que usufruem/se sustentam da renda informada anteriormente): *

Marcar apenas uma oval.

- 1
 2
 3
 4
 5
 Mais de 5

8. Cidade (preencha conforme o exemplo: Porto Alegre): *

9. Estado (se residente no Brasil, indique somente a sigla da UF, se residente em outro país, indique o nome do Estado por extenso): *

10. Quantos aparelhos de celular "smartphone" ativos você possui? *

Marcar apenas uma oval.

- Nenhum
 1
 2
 Mais que 2

11. Quando você compra um celular, tem preferência de marca? *

Marcar apenas uma oval.

- Samsung
 Motorola
 Apple
 LG/LeNovo
 Huawei
 Xiaomi
 Asus
 Não tenho preferência por marcas
 Outro: _____

12. Quantas vezes trocou de celular nos últimos 3 anos? *

Marcar apenas uma oval.

- Nenhuma
 Uma vez
 Duas vezes
 Três vezes
 Mais de três vezes

13. Qual foi o motivo da última troca? *

Marcar apenas uma oval.

- O aparelho quebrou
- Perdi ou foi roubado
- O aparelho ficou obsoleto (memória cheia, desempenho ruim dos aplicativos, falha da bateria)
- Gosto de tecnologia e queria um aparelho mais moderno.
- Outro: _____

14. O que fez com o aparelho antigo? *

Marcar apenas uma oval.

- Perdi ou foi roubado
- Guardei, pois não sei onde descartar
- Guardei para outros fins
- Descartei no lixo comum
- Doei ou vendi
- Descartei em locais específicos para lixo eletrônico (lojas de celulares, lojas de operadoras, assistências técnicas, campanhas de reciclagem ou empresas recicladoras).
- Outro: _____

15. Você conhece pontos de coleta de celulares na sua cidade? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim, e costumo levar meus aparelhos antigos até eles
- Sim, mas nunca levei nenhum aparelho.
- Não conheço

Formulário para Pontos de Coleta de Smartphones

A pesquisa a seguir faz parte de um trabalho desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e tem como objetivo mapear a destinação de smartphones fora de uso. A pesquisa demora entre 5 a 10 minutos para ser respondida e não é necessário fornecer dados cadastrais da empresa.

*Obrigatório

1. Tipo de ponto de coleta: *

Marcar apenas uma oval.

- Operadora de telefonia
- Fabricante de smartphone
- Assistência técnica autorizada
- Ponto de coleta independente
- Outro: _____

2. Nome da empresa (apenas para controle, os dados da empresa não serão publicados) *

3. Localização da empresa (endereço completo ou cidade/estado - apenas para controle, os dados da empresa não serão publicados) *

4. Qual a quantidade média de celulares recebidos? A resposta pode ser dada em kg/mês ou kg/ano, conforme disponibilidade de dados. *

5. Existem dados sobre quantidade média de celulares recebidos por marca? Se sim, qual a quantidade (kg/mês ou kg/ano) recebido para cada marca? *

6. Os celulares recebidos são separados em quais partes? *

Marque todas que se aplicam.



Baterias



Placas de Circuito impresso



Carregador



Ímãs



Carcaça

Eles não são separados. São encaminhados inteiros, sem qualquer tipo de desmontagem.

7. Para onde são enviadas as baterias? *



Marque todas que se aplicam.

- Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)
- Para recicladoras independentes
- Exportação
- Devolução para os fabricantes
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum

Outro: _____

8. Para onde são enviados os carregadores? *

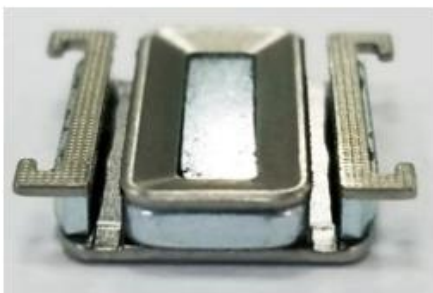


Marque todas que se aplicam.

- Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)
- Para recicladoras independentes
- Exportação
- Devolução para os fabricantes
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum

Outro: _____

9. Para onde são enviados os imãs? *



Marque todas que se aplicam.

- Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)
- Para recicladoras independentes
- Exportação
- Devolução para os fabricantes
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum

Outro: _____

10. Para onde são enviadas as carcaças? *



Marque todas que se aplicam.

- Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)
- Para recicladoras independentes
- Exportação
- Devolução para os fabricantes
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum

Outro: _____

11. Para onde são enviadas as placas de circuito impresso? *



Marque todas que se aplicam.

- Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)
- Para recicladoras independentes
- Exportação
- Devolução para os fabricantes
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum

Outro: _____

12. Para onde são enviadas as outras partes (ou celulares não desmantelados)? *

Marque todas que se aplicam.

- Utilização interna (peças de substituição, por exemplo)
- Para recicladoras independentes
- Exportação
- Devolução para os fabricantes
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum

Outro: _____

RECICLAGEM DE CELULARES – PANORAMA BRASILEIRO

A pesquisa a seguir faz parte de um trabalho desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e tem como objetivo mapear a destinação e coletar dados sobre a reciclagem de smartphones fora de uso. A pesquisa demora cerca de 10 minutos para ser respondida e não é necessário fornecer dados cadastrais da empresa.

*Obrigatório

1. Qual a forma de coleta dos celulares? De que forma a sua empresa os recebe? Favor marcar todas as opções aplicáveis. *

Marque todas que se aplicam.

- Catadores
 Parceria com o governo municipal/estadual/federal
 Entrega direta do consumidor
 Recebemos de pontos de coleta de empresas de telefonia
 Recebemos de pontos de coleta de fabricantes de celulares
 Recebemos de empresas coletoras independentes
 Campanhas de reciclagem

Outro: _____

2. Qual a quantidade média de celulares recebidos? A resposta pode ser dada em kg/mês, kg/ano, unidades/mês ou unidades/ano, conforme disponibilidade de dados. *

3. Existem dados sobre quantidade média de celulares recebidos por marca? Se sim, qual a quantidade (kg/mês, kg/ano, un/mês, un/ano) recebida para cada marca? *

4. Os celulares recebidos são desmontados? Em quais partes? *

Marque todas que se aplicam.



Baterias



Placas de circuito impresso



Carregador



Ímãs



Carcaça

Não são desmontados, são diretamente moídos

Outro: _____

5. Como é feita a separação dos componentes? Marcar todas as alternativas aplicáveis. *

Marque todas que se aplicam.

Separação manual

Moagem

Separação com uso de ferramentas

Outro: _____

6. Quais equipamentos são utilizados na empresa? Marcar todas as alternativas aplicáveis. *

Marque todas que se aplicam.

- Parafusadeira
 Empilhadeira
 Serras automáticas
 Furadeira de bancada
 Moinho

Outro: _____

7. Qual o tempo médio de separação dos componentes de um celular? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 5 min
 Entre 5 e 10 min
 Entre 10 e 15 min
 Entre 15 e 20 min
 Mais que 20 min
 Não controlamos
 Outro: _____

8. Qual o destino dado às baterias? *



Marque todas que se aplicam.

- Estocagem interna
 Venda para outras recicladoras
 Exportação
 Aterros específicos para resíduos perigosos
 Aterro de resíduos comum
 Reciclagem dentro da empresa

Outro: _____

9. Qual o destino dado às placas de circuito impresso? *



Marque todas que se aplicam.

- Estocagem interna
- Venda para outras recicladoras
- Exportação
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum
- Reciclagem dentro da empresa

Outro: _____

10. Qual o destino dado aos carregadores? *

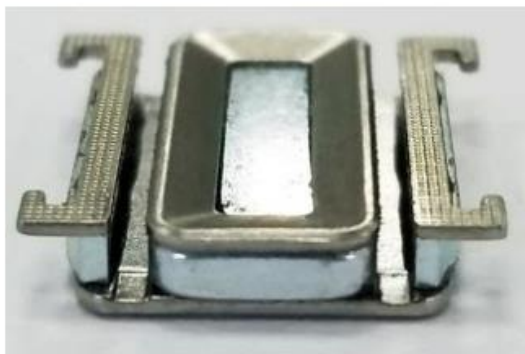


Marque todas que se aplicam.

- Estocagem interna
- Venda para outras recicladoras
- Exportação
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum
- Reciclagem dentro da empresa

Outro: _____

11. Qual o destino dado aos ímãs? *



Marque todas que se aplicam.

- Estocagem interna
- Venda para outras recicladoras
- Exportação
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum
- Reciclagem dentro da empresa

Outro: _____

12. Qual o destino dado às carcaças? *



Marque todas que se aplicam.

- Estocagem interna
- Venda para outras recicladoras
- Exportação
- Aterros específicos para resíduos perigosos
- Aterro de resíduos comum
- Reciclagem dentro da empresa

Outro: _____

13. Qual o destino dado aos outros itens não especificados acima? *

Marque todas que se aplicam.

- Estocagem interna
 Venda para outras recicladoras
 Exportação
 Aterros específicos para resíduos perigosos
 Aterro de resíduos comum
 Reciclagem dentro da empresa

Outro: _____

14. Qual o valor de compra estimado (R\$/kg) para cada parte (bateria, placa de circuito impresso, ímã, carregador, carcaça, outras partes)? *

15. Caso não seja possível revelar os valores por parte (conforme a pergunta anterior), enumerar de 1 a 5 as partes, sendo 1 a mais valiosa e 5 a menos valiosa. *
