

DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULO ELÉTRICO COMPACTO PARA O SERVIÇO DE COLETA SELETIVA DE PORTO ALEGRE/RS

DEVELOPMENT OF COMPACT ELECTRIC VEHICLE FOR SELECTIVE WASTE COLLECTION SERVICE IN PORTO ALEGRE/RS

EINSFELD, Lucas de Oliveira; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

lucas.einsfeld@ufrgs.br

PETERS, William de Almeida; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

william.peters@ufrgs.br

TURCATO, Eduarda Martins; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

eduarda.mturcato@gmail.com

TEIXEIRA, Fábio Gonçalves; Doutor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

fabiogt@ufrgs.br

POHLMANN, Mariana; Doutora; Universidade Federal do Rio Grande do Sul

mariana.pohlmann@ufrgs.br

Resumo

Na cidade de Porto Alegre/RS, após o recolhimento pelo sistema de coleta seletiva, os resíduos sólidos recicláveis são processados nas Unidades de Triagem (UT), onde eles são separados, prensados, agrupados e armazenados. A maior parte dessas tarefas, entretanto, é realizada manualmente, devido à precarização e ao baixo investimento público no setor. O objetivo deste trabalho, portanto, é o desenvolvimento de um veículo para contribuir na execução das tarefas efetuadas pelos trabalhadores nas UTs, bem como na melhoria do serviço de coleta seletiva. Para isso, dividiu-se o projeto em três etapas: informacional, conceitual e detalhamento. Como resultado, obteve-se a criação de um veículo elétrico compacto, robusto, eficiente e de fácil manutenção para auxiliar as atividades realizadas nas UTs da cidade. Para o futuro, espera-se que o trabalho promova uma reflexão acerca da importância das UTs para a manutenção do bem-estar social e preservação do meio ambiente.

Palavras Chave: veículo elétrico; coleta seletiva; reciclagem e unidade de triagem.

Abstract

In the city of Porto Alegre/RS, after collection through the selective waste collection system, the waste is processed in the Sorting Units (SU), where it is separated, pressed, grouped and stored. Most of these tasks, however, are performed manually, due to precariousness and low public investment in the sector. The objective of this work, therefore, is the development of a vehicle to contribute to the execution of tasks carried out by workers in the SUs, as well as improving the selective waste collection service. To achieve this goal, the project was divided into three stages: informational, conceptual and detailing. As a result, a compact, robust, efficient and easy-to-

maintain electric vehicle was created to assist activities carried out in the city's SUs. For the future, it is expected that the work will promote reflection on the importance of SUs for maintaining social well-being and preserving the environment.

Keywords: *electric vehicle; selective waste collection; recycling and sorting unit.*

1. Introdução

A gestão adequada dos resíduos sólidos tornou-se uma questão central nas agendas ambientais contemporâneas, refletindo a necessidade de repensar as práticas de descarte e coleta. O termo "lixo", de raízes latinas, historicamente carrega consigo uma carga pejorativa, associada à inutilidade e sujeira. Contudo, à luz dos movimentos contemporâneos de preservação ambiental, essa perspectiva está sendo revista, transformando o "lixo" em "resíduo sólido", reconhecendo seu potencial de reaproveitamento e valorização (Aguiar, 2003; Severo *et al.*, 2017).

A coleta seletiva emerge como uma estratégia crucial nesse contexto, não apenas para a preservação ambiental, mas também para a construção de uma sociedade mais consciente e sustentável. No entanto, o trabalho associado à coleta seletiva é frequentemente depreciado, marginalizando os profissionais envolvidos e subestimando a importância de suas atividades. Como resultado, os trabalhadores envolvidos na coleta seletiva muitas vezes são estigmatizados, tendo suas ocupações consideradas como subempregos ou posições de menor capital social. Essa percepção contribui para a desvalorização do trabalho desses profissionais e para a falta de reconhecimento da importância crucial que desempenham na gestão dos resíduos sólidos e na promoção da sustentabilidade ambiental. O estigma enfrentado pelos trabalhadores da coleta seletiva não apenas afeta sua autoimagem, mas também pode impactar negativamente sua saúde física e mental, tornando ainda mais urgente a necessidade de combater essa visão preconceituosa e promover uma valorização adequada desses profissionais (Hoffmann; Jacques, 2021).

Este artigo aborda a problemática da coleta seletiva, com foco na realidade urbana de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, a qual enfrenta uma baixa taxa de reciclagem, com parte significativa dos resíduos não sendo descartada adequadamente, o que prejudica os esforços de preservação ambiental e impacta a geração de renda das famílias que dependem das Unidades de Triagem (UTs) para subsistência. Para além disso, discute-se a carência de investimentos públicos na infraestrutura de tais locais, assim como na proteção e assistência aos funcionários que trabalham nessas unidades, e as dificuldades na logística de deslocamento dos resíduos sólidos, desde a coleta até a chegada nas unidades. Frente a isso, busca-se evidenciar a necessidade de uma gestão eficiente desses deslocamentos, visando não apenas a eficácia operacional, mas também a segurança e qualidade de vida dos trabalhadores envolvidos (Abrelpe, 2019; Dias *et al.*, 2020). A partir disto, formulou-se a seguinte questão: como um veículo elétrico compacto pode auxiliar na autonomia e na realização de tarefas nas UTs de Porto Alegre, promovendo uma melhora no serviço de coleta seletiva do município?

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um veículo elétrico para contribuir na execução das tarefas efetuadas nas unidades de triagem e na melhoria do serviço da coleta seletiva. Para a sua elaboração, foram utilizadas diversas ferramentas, desde a aplicação de questionários até análises de mercado para compreender os materiais e tecnologias empregadas nos equipamentos comercializados, de forma que possibilitem a visualização de oportunidades de inovação no setor.

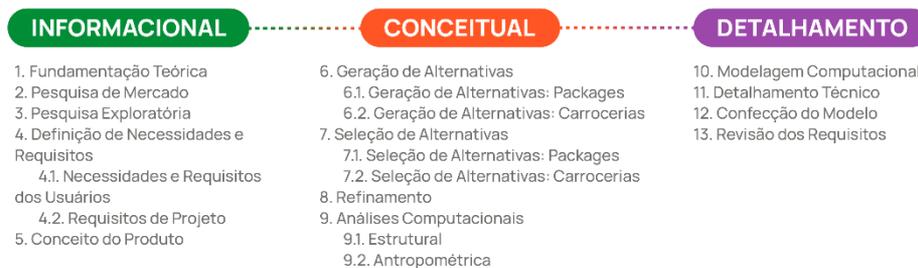
A relevância deste estudo reside na urgência de abordar questões relacionadas à gestão de

resíduos sólidos em contextos urbanos. O desenvolvimento de um veículo elétrico compacto representa uma oportunidade única para integrar inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental, abordando questões cruciais de logística e mobilidade urbana. Além disso, este projeto busca combater o estigma social associado ao trabalho na coleta seletiva, reconhecendo a importância desses profissionais para a manutenção da qualidade de vida urbana e promovendo uma visão mais inclusiva e valorizada de suas atividades.

2. Metodologia

A metodologia empregada para esse trabalho é uma adaptação entre os modelos propostos por Macey e Wardle (2009) e Back *et. al* (2008), sendo dividida em três macroetapas principais: informacional, conceitual e detalhamento. Para a sua construção, também são incorporadas ferramentas e técnicas criativas de outros autores, a fim de atender as necessidades de cada etapa do processo de projeto. Na Figura 1 é apresentada a abordagem metodológica completa, bem como os instrumentos aplicados.

Figura 1 – Metodologia.



Fonte: autores.

3. Projeto Informacional

Essa etapa caracteriza-se pela apresentação e análise de um plano de projeto. Por meio de revisão bibliográfica, pesquisa de mercado e entrevistas com o público-alvo, objetiva-se identificar e definir as necessidades e oportunidades percebidas.

3.1. Fundamentação Teórica

A partir da revisão bibliográfica, busca-se apresentar dados técnicos e informações pertinentes que elucidem os temas abordados ao longo do trabalho. Este tópico, portanto, trata de conceitos fundamentais para o desenvolvimento do projeto, sendo eles: coleta seletiva em Porto Alegre, resíduos sólidos urbanos, unidade de triagem e veículos elétricos.

3.1.1. Coleta Seletiva em Porto Alegre, RS

A reciclagem é um procedimento de recuperação de materiais com o propósito de devolvê-los à sociedade de forma útil. Para o processo de separação dos materiais passíveis de serem reciclados, é realizada a Coleta Seletiva (CS), a qual contribui sobremaneira na redução das emissões atmosféricas dos aterros (Silva da Silva *et al.*, 2017). A cidade de Porto Alegre foi uma das pioneiras no Brasil na implementação do serviço, tendo seu início em 1989. O então prefeito, Olívio Dutra,

adotou o Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos como uma solução para a coleta de resíduos e como uma forma de educação ambiental. Nessa época, o DMLU se tornou referência nacional e, por conseguinte, a cidade foi a primeira capital latino-americana a sediar a reunião de trabalho de resíduos sólidos em junho de 2000 (Zaneti, 2006).

O início do serviço da coleta seletiva se deu com a recuperação da área degradada dos lixões das Zonas Sul e Norte, com intuito de reabilitar os catadores que atuavam no local e estavam em situação de vulnerabilidade social. De acordo com Silva da Silva *et al.* (2017), “a Coleta Seletiva permitiu que os trabalhadores fossem tirados de cima do lixo e realocados em lugares adequados [...] afastados do local onde aconteciam os desembarques dos caminhões da coleta tradicional”.

Dessa forma, a triagem é feita somente do material advindo da coleta seletiva, chamado de lixo seco ou reciclável, proporcionando melhores condições de trabalho e de remuneração (Silva da Silva *et al.*, 2017). Hoje o serviço de coleta seletiva é realizado em todos os bairros do município, ocorrendo ao menos duas vezes por semana em todas as ruas que comportam a entrada de caminhões. São recolhidos resíduos recicláveis e que podem ser reaproveitados, tais como papel, papelão, latas, isopor, plásticos, metais e vidros.

3.1.2. Resíduos Sólidos Urbanos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) define resíduo sólido como “*toda material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade*”. Segundo Calderoni (2003), lixo, resíduo e rejeito possuem conceitos diferentes. Lixo refere-se ao material sólido descartado que não passa por processo de separação pelo usuário, ao passo que resíduo é tudo aquilo sobra de um processo produtivo. Já o rejeito, por sua vez, diz respeito ao material que, após o processo de seleção, não é passível de ser aproveitado.

De acordo com informações disponibilizadas pelo DMLU de Porto Alegre, há cinco tipos de resíduos: recicláveis, orgânicos domiciliares, comuns/rejeitos, especiais e perigosos. Os resíduos orgânicos e comuns devem ser encaminhados à coleta domiciliar, conforme os dias e horários estabelecidos (Prefeitura de Porto Alegre, 2024), enquanto os recicláveis devem ser encaminhados à coleta seletiva. Os resíduos especiais, apesar de não serem coletados regularmente pelo DMLU, podem ser recolhidos sob demanda.

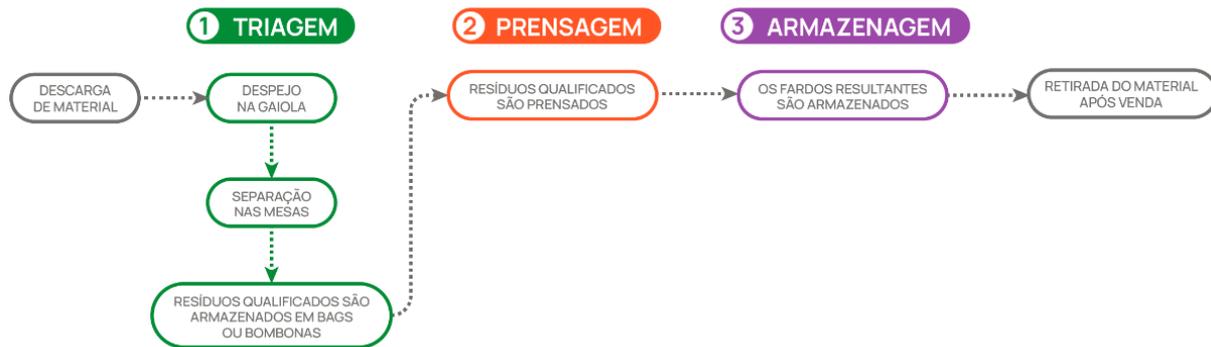
3.1.3. Unidade de Triagem

A cidade de Porto Alegre conta com 16 Unidades de Triagem (UTs) trabalhando para a separação dos resíduos sólidos urbanos coletados em todo município. Nesses locais, os trabalhadores, organizados em forma de associação ou cooperativa, são divididos de acordo com as atividades que realizam. Conforme Fuão (2015), os recicladores são caracterizados como aqueles que realizam a triagem dos resíduos que chegam até os galpões; os bomboneiros, por sua vez, são responsáveis pelo transporte, por meio de bombonas ou *bags*, dos resíduos separados pelos recicladores até as prensas; os prensadeiros, então, são aqueles que realizam a prensagem do material; e a coordenação, por fim, é constituída por todos que integram a gestão de cada local.

De maneira geral, o funcionamento das UTs da cidade inicia com a chegada da carga no caminhão de coleta, o qual é descarregado manualmente, garantindo que todo material seja colocado em mesas nas quais são realizadas as separações. Após serem analisados e separados, os

materiais selecionados para reciclagem são transportados até as baias ou prensas por bombonas ou *bags*, para posterior prensagem. Por fim, esses resíduos são armazenados até serem vendidos a atravessadores – empresas ou profissionais que realizam o intermédio com outras instituições compradoras de materiais reciclados – que realizam uma segunda triagem para, então, serem limpos e reintroduzidos na cadeia produtiva. O dinheiro arrecadado dessa venda, portanto, é dividido entre os integrantes das associações (Fuão, 2015). Na Figura 2, ilustra-se o processo de funcionamento de uma UT de acordo com os conceitos propostos por Fuão (2015).

Figura 2 – Fluxo de funcionamento de uma UT.



Fonte: adaptado de Fuão (2015).

3.1.4. Veículos Elétricos

De acordo com Ehsani et. al (2017, p. 105), os veículos elétricos utilizam um motor elétrico para tração e baterias químicas, células de combustível ou outras formas de armazenar energia para alimentá-lo. Os veículos puramente elétricos — ou veículos elétricos movidos a bateria — podem ser recarregados na rede elétrica ou por meio de frenagem regenerativa (Brajterman, 2016). Outros tipos de veículos elétricos incluem os veículos híbridos, que possuem um motor a combustão e motor elétrico no mesmo sistema, e os veículos plug-in híbridos, que permitem o recarregamento de suas baterias por fontes externas, como afirma Doucette e McCulloch (2011).

Os primeiros experimentos envolvendo veículos elétricos leves ocorreram na década de 1830 nos EUA, Reino Unido e Holanda, entretanto o primeiro veículo utilizando uma bateria de chumbo só foi existir em 1881, sendo esse um triciclo projetado por Trouvé (Hoyer, 2008). Durante o período de transição para o século XX, apesar da competição com veículos movidos a vapor, os veículos elétricos ocuparam uma posição de grande destaque (Brajterman, 2016). Entretanto, a partir da década de 1920 os modelos a gasolina começam a ganhar força por fatores como: redução do preço advinda da produção em série por Henry Ford, a queda no preço do combustível e a necessidade de percorrer longas distâncias pelas rodovias norte-americanas, o que não era possível de realizar com as baterias da época (Brajterman, 2016).

O setor de mobilidade urbana é um campo de discussão muito importante no que tange à gestão energética de grandes metrópoles (Brajterman, 2016), principalmente nos tópicos de redução das emissões de carbono e preservação do meio ambiente. A eletromobilidade, a qual engloba veículos elétricos a bateria, é uma das opções em destaque e em pleno crescimento, como demonstram os dados no aumento de aquisições de veículos elétricos no Brasil (Ghirotto, 2022).

Apesar de veículos elétricos não serem uma novidade, a sua aplicação no setor de limpeza urbana pode ser considerada uma inovação na indústria, principalmente no mercado brasileiro, na

região sul. Ao longo dos últimos 20 anos, existiram iniciativas como o veículo Baby da empresa Agrale, em Porto Alegre/RS (Zaneti, 2006), dentre algumas outras. No entanto, tais projetos não chegaram a ser implementados. Frente a isso, percebe-se a possibilidade de contribuição neste setor por meio do desenvolvimento de um veículo elétrico de baixo custo que possa contribuir tanto na CS da localidade quanto nas atividades das UTs.

3.2. Pesquisa de Mercado

Para a realização da pesquisa de mercado, efetuou-se uma análise de similares de produtos, com o objetivo de avaliar o estado da arte estético, estrutural e funcional. Para tanto, foram pesquisados em sites e catálogos de fabricantes, nacionais e estrangeiros, modelos de veículos desenvolvidos para os serviços de coleta de resíduos, tendo sido selecionados três, os quais são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Veículos utilizados como similares de produto.



Fontes: Catálogos online das empresas Goupil, Agrale e Alkè (2024).

Os similares 1 e 3 são veículos elétricos, compactos, multifunções e modulares desenvolvidos, respectivamente, na França e Itália; o 2, por sua vez, é um equipamento a combustão produzido nacionalmente, na cidade de Caxias do Sul/RS. Embora tais exemplos sejam empregados em serviços relacionados à CS, os veículos analisados não foram projetados para este fim especificamente. Assim, pode-se observar uma lacuna na criação de um veículo elétrico e compacto, projetado com o objetivo de auxiliar na gestão de resíduos sólidos urbanos.

3.3. Pesquisa Exploratória

Para compreender melhor o problema de projeto e entender as necessidades dos usuários do sistema de coleta seletiva, bem como dos trabalhadores, foram realizados um questionário online, uma visita técnica e duas entrevistas com profissionais que atuam na área. A seguir, são descritas estas etapas.

3.3.1. Questionário Online

A pesquisa com usuários foi feita por meio de um formulário *online* com questões de múltipla escolha e, ao total, foram recebidas 75 respostas de munícipes de Porto Alegre em um período de 6 dias durante o mês de julho de 2022. Cerca de 75% dos respondentes tinham entre 18 e 30 anos

e, do total, 92% dos respondentes possuíam o Ensino Médio concluído. Referente à separação de resíduos domésticos, cerca de 95% afirmaram que realizavam devido a fatores como educação ambiental recebida, influência de pessoas próximas ou de campanhas de marketing. Aqueles que não separavam os resíduos à época, identificaram o trabalho despendido, falta de espaço na residência para guardar os resíduos ou problemas de logística da coleta seletiva como razões para a não adesão à coleta seletiva.

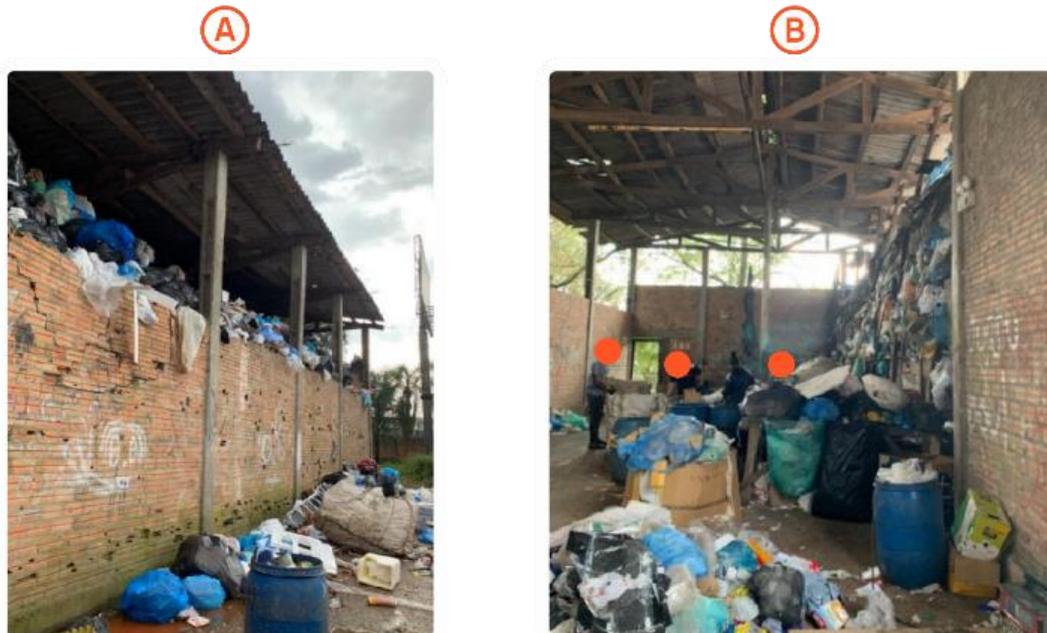
Com relação à prestação do serviço, a partir de uma análise qualitativa das respostas obtidas, é possível destacar que as pessoas possuem percepções positivas acerca de sua eficiência e da limpeza das ruas, enquanto a disponibilidade de informação e as condições de trabalho são consideradas ruins. Referente ao veículo utilizado na CS, os aspectos visuais foram avaliados como regulares, enquanto os informativos, olfativos e sonoros, como ruins.

3.3.2. Visita Técnica

Uma visita técnica, guiada por uma assistente social, foi realizada nas UTs Anjos da Ecologia e Reciclando pela Vida, localizadas em Porto Alegre/RS. Essas UTs possuem uma particularidade, pois são as únicas no município que dividem o mesmo terreno, embora sejam cooperativas distintas. Geralmente, estas UTs recebem os resíduos — vidro, plástico e sucata — provenientes dos bairros mais nobres da cidade, como Moinhos de Vento, Independência, Bela Vista e Cidade Baixa.

Na Figura 4A, podem ser observadas as gaiolas, nas quais os resíduos, manualmente, são depositados em sua parte superior, onde ficam armazenados. Posteriormente, eles são distribuídos em mesas no interior do galpão, sendo separados pelos trabalhadores. Na Figura 4B, pode-se observar o interior de um dos galpões de triagem. Após a separação, os materiais são transportados em bombonas ou *bags* e encaminhados para o local de prensagem e armazenamento, onde permanecem até serem comercializados.

Figura 4 – Partes externa (A) e interna (B) do galpão de triagem.



Fonte: autores.

Durante a visita foi possível observar condições inadequadas nas diferentes atividades desempenhadas pelos trabalhadores. Como a maior parte das tarefas é exercida de forma manual, é bastante comum a ocorrência de lesões, tanto por esforços repetitivos quanto por trabalhos que envolvam o transporte de cargas pesadas. Alguns equipamentos necessários para a realização do trabalho no local não estavam adequados ou não estavam sendo utilizados, pois necessitavam de manutenção, como era o caso da prensa e da balança. Por fim, foi possível perceber as más condições de trabalho que englobam tanto a falta de maquinário para a execução das tarefas, quanto a infraestrutura precária que favorecia a proliferação de doenças.

3.3.3. Entrevistas

A primeira entrevista foi realizada com um funcionário – com formação em Engenharia Civil – do DMLU de Porto Alegre. Como sugestão de melhoria para o serviço, ele apontou a necessidade de veículos com sistema de compactação dos resíduos, a fim de diminuir seus volumes e proporcionar mais espaço para cargas. Além disso, ressaltou que seria interessante um sistema que facilitasse o descarregamento dos resíduos nas UTs. Atualmente, os veículos têm volume de 25 m³ e são do tipo *boiadeiro*, modelo comumente empregado no deslocamento de cargas vivas, não possuindo mecanismos apropriados para a coleta (Figura 5).

Figura 5 – Caminhão boiadeiro da coleta seletiva.



Fonte: Blog Porto Imagem (2015).

A segunda entrevista foi realizada com a coordenadora da UT Vila Pinto, a fim de levantar informações acerca de seu funcionamento e dos equipamentos utilizados. A partir dos relatos, a coordenadora mencionou que no início dos anos 2000, a empresa Agrale, em parceria com o local, desenvolveu um veículo híbrido intitulado Baby (Figura 6). Segundo a coordenadora, o veículo que possuiu apenas 4 unidades fabricadas, foi um projeto piloto para pequenas coletas de resíduos em escolas, tendo como principal função a educação ambiental de alunos. Porém a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) não autorizou o seu uso nas vias públicas e, por isso, foi descontinuado. Ela afirmou que atualmente existe ainda a necessidade de um veículo compacto, similar ao Baby, para proporcionar autonomia às UTs, uma vez que possibilitaria coletas menores e sob demanda.

Figura 6 – Agrale Baby.



Fonte: Zaneti (2006).

3.4. Necessidades e Requisitos de Usuários

Segundo Back *et al.* (2008), o projeto de produto deve atender de forma ótima às necessidades estabelecidas. A partir das entrevistas e das informações coletadas previamente mediante pesquisa, foram identificadas as necessidades dos usuários. Após a identificação das necessidades, tratou-se de convertê-las em requisitos de usuário, buscando associá-las diretamente aos elementos pertinentes do projeto (Quadro 1).

Quadro 1 – Necessidades e requisitos de usuário.

| Necessidades | Requisitos de usuário |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Facilitar processos | Permitir a compactação dos resíduos Realizar a pesagem dos resíduos Conseguir fazer o levantamento de cargas Realizar o transporte interno dos recursos |
| Melhorar as condições de trabalho | Ser ergonômico Ser seguro Possuir boa usabilidade |
| Tornar a UT mais autônoma | Contribuir para a eficiência do sistema de coleta tornando-o mais inclusivo |
| Promover educação ambiental | Promover o serviço de coleta seletiva Divulgar informações a respeito do serviço |
| Veículo ser compacto | Tornar o veículo atraente Ter capacidade para 2 pessoas Ter reservatório de volume reduzido |

Fonte: autores.

3.5. Requisitos de Projeto

Para a hierarquização dos requisitos de usuários, foi utilizada a ferramenta da matriz de Mudge. A seguir, tais requisitos foram desdobrados em requisitos de projeto (Quadro 2).

Quadro 2 – Requisitos de usuário e requisitos de projeto.

| Requisitos de usuário | Requisitos de Projeto |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Permitir a compactação dos resíduos | Possuir sistema para compactação |
| Realizar a pesagem dos resíduos | Possuir célula de carga |
| Conseguir fazer o levantamento de cargas | Possuir sistema que permite elevação das cargas |
| Realizar o transporte interno dos recursos | Possuir dimensões reduzidas |
| Ser ergonômico | Implementar regulagens nos sistemas do veículo |
| Ser seguro | Implementar sinalização sonora e visual Possuir cabine fechada Possuir mecanismos de segurança |
| Possuir boa usabilidade | Empregar sistemas de fácil manutenção Implementar painel com interface intuitiva Possuir instruções lógicas e claras Empregar acionamentos de uso facilitado |
| Contribuir para a eficiência do sistema de coleta tornando-o mais inclusivo | Possibilitar que o veículo transite em perímetro urbano Melhorar o sistema e colaborar para uma coleta mais inclusiva |
| Promover o serviço de coleta seletiva Divulgar informações a respeito do serviço | Possuir espaço para divulgação de diferentes mídias |
| Tornar o veículo atraente | Possuir cores e formas agradáveis |
| Ter capacidade para 2 pessoas | Possuir assentos para dois usuários na cabine |
| Ter reservatório de volume reduzido | Implementar reservatório com capacidade de até 10m ³ |

Fonte: autores.

A partir da identificação dos requisitos de projeto, empregou-se uma matriz QFD (*Quality Function Deployment*) com a finalidade de hierarquizá-los. O resultado da matriz produzida pode ser visto na lista com o resultado da implementação da ferramenta:

- | | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| I. Possuir mecanismos de segurança; | XII. Implementar reservatório com capacidade de até 10m ³ ; |
| II. Empregar sistemas de fácil manutenção; | XIII. Implementar regulagens nos sistemas do veículo; |
| III. Implementar painel com interface intuitiva; | XIV. Melhorar o sistema e colaborar para uma coleta mais inclusiva; |
| IV. Possuir instruções lógicas e claras; | XV. Possibilitar que o veículo transite em perímetro urbano; |
| V. Possuir sistema para compactação; | XVI. Possuir assentos para dois usuários na cabine; |
| VI. Empregar acionamentos de uso facilitado; | XVII. Possuir cores e formas agradáveis; |
| VII. Possuir cabine fechada; | XVIII. Possuir espaço para divulgação de diferentes mídias. |
| VIII. Possuir dimensões reduzidas; | |
| IX. Implementar sinalização sonora e visual (<i>feedback</i>); | |
| X. Possuir célula de carga; | |
| XI. Possuir sistema que permite elevação das cargas; | |

3.6. Conceito do Produto

Propõe-se a criação de um veículo elétrico a bateria compacto e seguro para os funcionários das UTs, viabilizando a realização de suas atividades de maneira mais eficiente. Ele deve ser robusto para suportar condições adversas, adaptável às mais diferentes ocasiões proporcionadas pelas tarefas e, principalmente, tornar seu local de atuação mais autônomo. Além disso, ressalta-se que o equipamento deve possuir uma interface amigável, regulagens e mecanismos com acionamentos simples e intuitivos para seus usuários, de modo que facilite o seu uso e evite acidentes. Por fim, seu funcionamento deve seguir as normas e regulamentações no país vigente, bem como colaborar com a difusão de práticas mais responsáveis acerca do meio ambiente, de maneira a fomentar a educação ambiental na cidade.

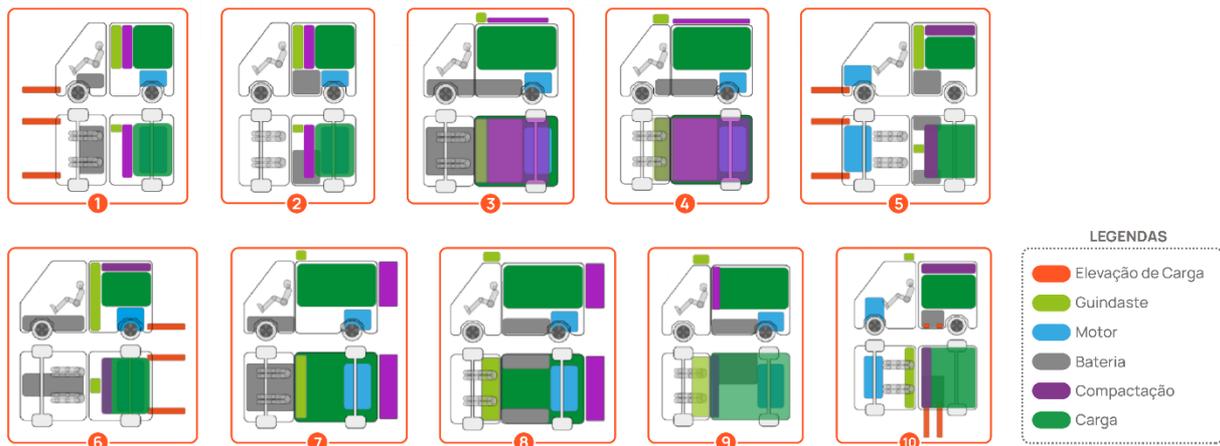
4. Projeto Conceitual

De acordo com Baxter (2011), o projeto conceitual tem por objetivo a produção de princípios de projeto para o desenvolvimento de um novo produto. Essa etapa deve, sobretudo, ressaltar de que maneira o artefato irá atender os requisitos de projeto previamente levantados, os quais são discutidos no projeto informacional. Para isso, conforme o autor estabelece, são fixadas uma série de princípios de funcionamento e princípios de estilo.

4.1. Geração de Alternativas: *Packages*

Foram esboçadas diferentes configurações para o projeto, onde foram apresentadas alternativas para os sistemas de elevação de cargas, propulsão, elétrico, compactação, bem como do posicionamento das diferentes estruturas que compõe o veículo. Assim, foram desenvolvidos 10 *packages*, apresentados na Figura 7.

Figura 7 – *Packages* desenvolvidos.



Fonte: autores.

As alternativas 1, 5 e 6 apresentam sistema de elevação de cargas por meio de garfos mecânicos, entretanto diferem no posicionamento dos demais sistemas elétricos e mecânicos do veículo. Já as alternativas 3, 4, 7, 8 e 9 possuem o guindaste para a elevação de cargas, mas incorporam diferenças nos demais dispositivos que fazem parte do equipamento. A alternativa 10

possui tanto elevação de cargas através de garfo, quanto do guindaste; a alternativa 2 não possui nenhum dos dispositivos.

4.2. Seleção de Alternativas: *Packages*

Para realizar a seleção da alternativa foi usada a Matriz de Pugh (Quadro 3), ferramenta que relaciona os requisitos de projeto com as alternativas geradas. Os pesos empregados aos requisitos, determinados a partir do QFD, foram: 1 (pouco importante), 3 (importância média) e 5 (muito importante). Já as alternativas foram avaliadas entre -1, 0 e 1. É importante ressaltar que foi necessário definir previamente os requisitos de projeto passíveis de serem avaliados em relação aos *packages*, uma vez que as representações do veículo geradas são simplificadas e não possuem diversos detalhes. Por fim, foi calculada a soma ponderada de cada alternativa.

Quadro 3 – Matriz Pugh seleção *package*.

| Requisitos | Peso | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------------------------------------------------|------|-----|----|---|---|----|----|---|---|----|-----|
| Empregar sistemas de fácil manutenção | 5 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | -1 |
| Possuir dimensões reduzidas | 3 | -1 | 1 | 0 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | 1 | -1 |
| Implementar reservatório com capacidade de até 10m ³ | 3 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| Possibilitar que o veículo transite em perímetro urbano | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| Total | | -12 | 6 | 4 | 4 | -7 | -7 | 4 | 9 | 12 | -12 |

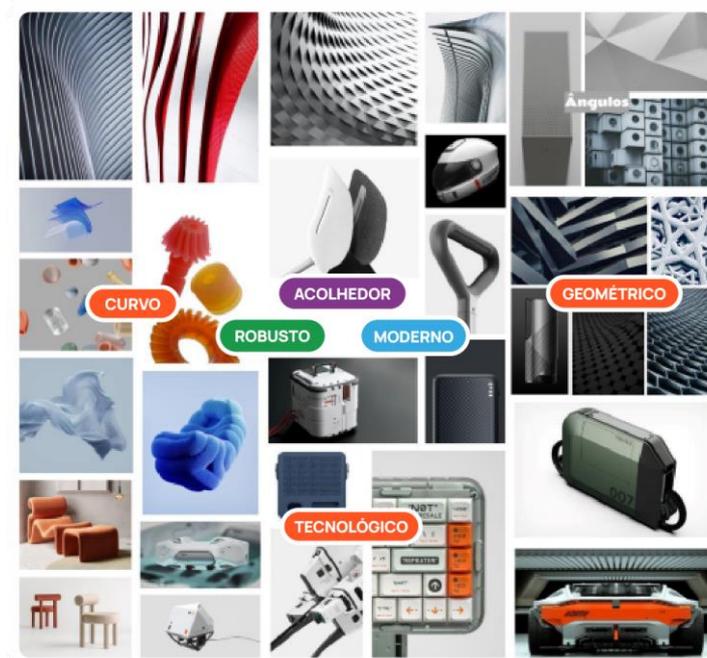
Fonte: autores.

Identificou-se que a alternativa 9 obteve a maior pontuação sendo, portanto, a escolhida para o refinamento. Essa alternativa viabiliza um melhor aproveitamento do espaço da porção traseira do veículo devido à disposição do guindaste sobre a cabine. A localização lateral da bateria possibilita seu acesso e manutenção facilitada, enquanto a posição do motor permite uma configuração mais compacta da cabine, contribuindo em uma melhor performance do veículo ao transportar as cargas.

4.3. Geração de Alternativas: Carrocerias

Depois de definidas as características funcionais e a organização dos elementos no *package*, foram geradas as alternativas estéticas. Nos *sketches* apresentados (Figura 9) é possível identificar uma síntese das formas trazidas nas imagens do painel semântico produzido para o projeto (Figura 8). O painel foi elaborado a partir da metodologia proposta por Sapper (2015). Dessa forma, procurou-se trazer configurações mais angulares e geométricas juntamente com elementos curvilíneos.

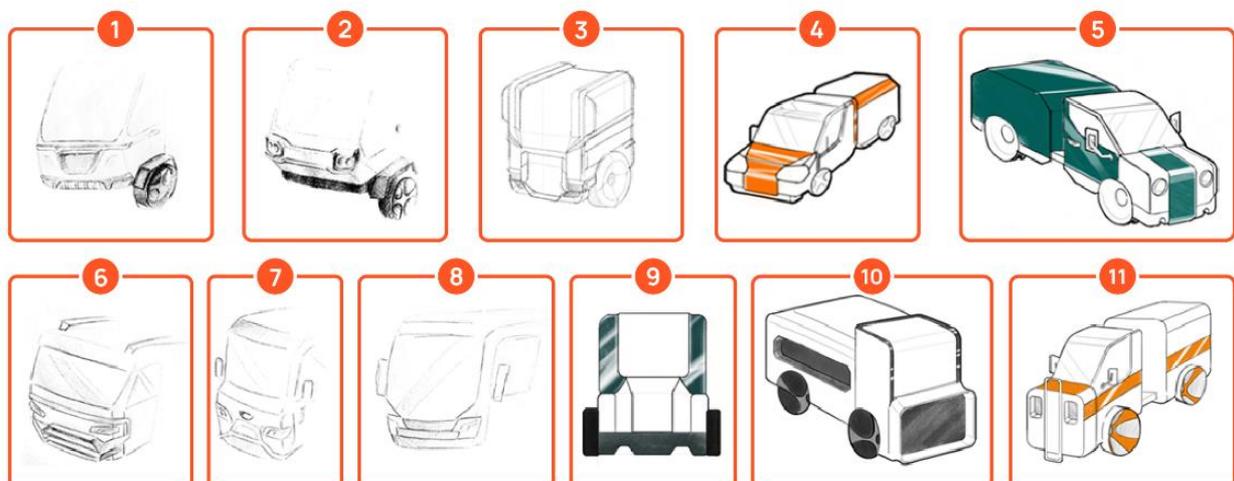
Figura 8 – Painel semântico.



Fonte: autores.

Enquanto as alternativas 1, 2 e 3 (Figura 9) trazem formatos mais geométricos e com poucas curvas, nas variações 4 e 5 (Figura 9) há uma suavização das formas, caracterizadas pela inclinação do para-brisa, possuindo também projeções da parte frontal, sendo similares à veículos que possuem motorização dianteira. Nas alternativas 6, 7 e 8 (Figura 9) é possível observar uma combinação de configurações que exploram a harmonia entre geometrias angulares e curvilíneas, com o objetivo de tornar o veículo mais agradável aos usuários. Diferentemente, as opções 9, 10 e 11 (Figura 9) trazem características mais modernas, ressaltando os aspectos tecnológicos e de inovação do produto.

Figura 9 – Sketches.



Fonte: autores.

4.4. Seleção de Alternativas: Carroceria

Com base nos atributos empregados no painel semântico foi elaborada uma Matriz de Pugh (Quadro 4). A partir de observação dos *sketches* foi feita uma relação entre as alternativas e os atributos elencados, sendo estabelecido notas entre -1, 0 e 1 para cada uma das opções. As alternativas 3 e 6 foram as que melhor pontuaram a partir dessa análise feita.

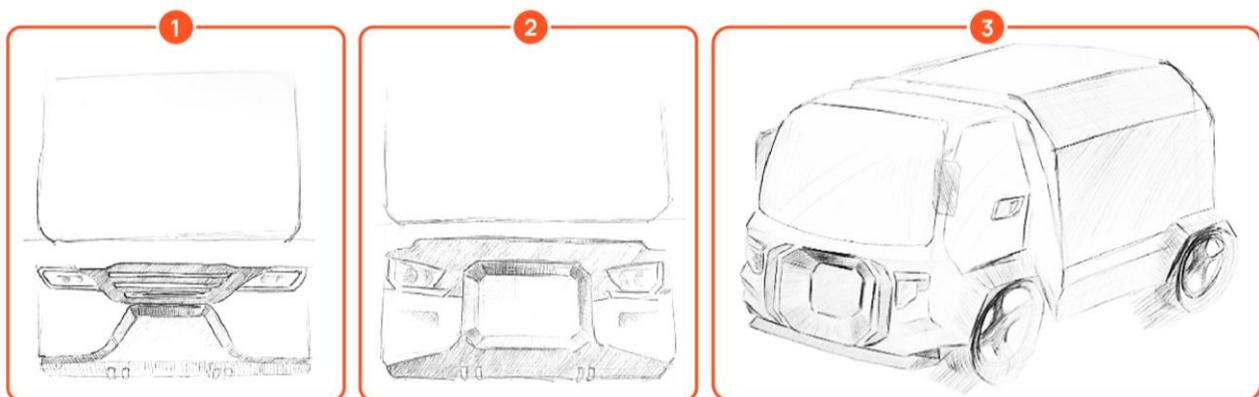
Quadro 4 – Matriz Pugh seleção carroceria.

| Atributos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-------------|----|---|---|----|----|---|----|----|----|----|----|
| Robusto | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | -1 | 1 |
| Moderno | -1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Acolhedor | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 |
| Curvo | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 1 | 1 | -1 |
| Ângulos | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tecnológico | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Total | -2 | 3 | 4 | 0 | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 |

Fonte: autores.

Sendo assim, a partir das opções selecionadas com a Matriz de Pugh, buscou-se mesclar as duas alternativas em uma terceira. Na Figura 10 é possível observar a evolução no refinamento dos *sketches*, tendo sido escolhida a alternativa 3.

Figura 10 – Refinamento dos *sketches*.

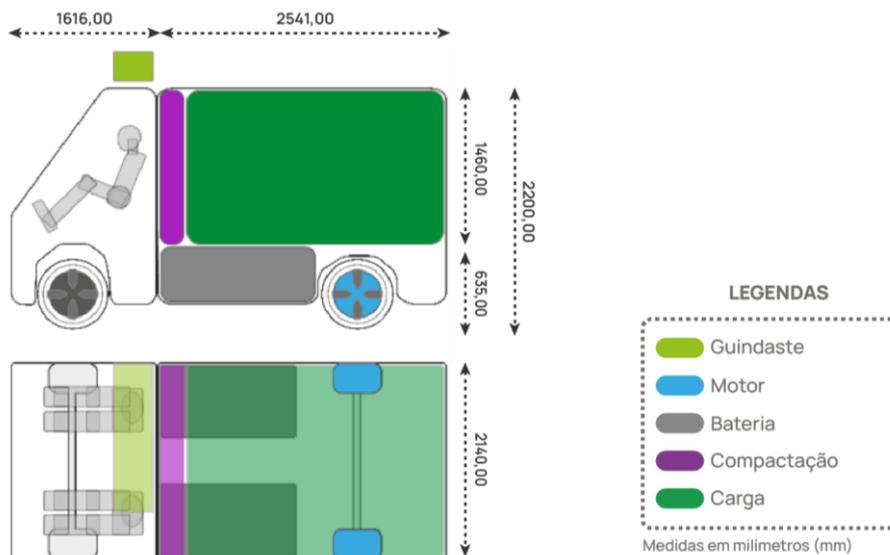


Fonte: autores.

4.5. Refinamento

Após a seleção das alternativas, foi realizado um detalhamento inicial. Levando em consideração os requisitos de projeto e análises de mercado, destacam-se as características inovadoras do veículo em comparação aos analisados: sistema de elevação de cargas por meio de guindaste localizado acima da cabine, conjunto de compactação de resíduos na caçamba e motorização elétrica nas rodas para movimentação do equipamento. A partir disto, foram determinadas as medidas gerais do automóvel. Na Figura 11, é apresentado o *package* com as cotas gerais. Nesta etapa também foi determinada as especificações do pneu, tendo sido escolhido o modelo 175/80R14, que possui raio externo de 635 mm e é indicado para *pick-ups* e *SUVs* de pequeno porte.

Figura 11 – *Package* escolhido (cotas em mm).



Fonte: autores.

4.6. Análise Estática Estrutural

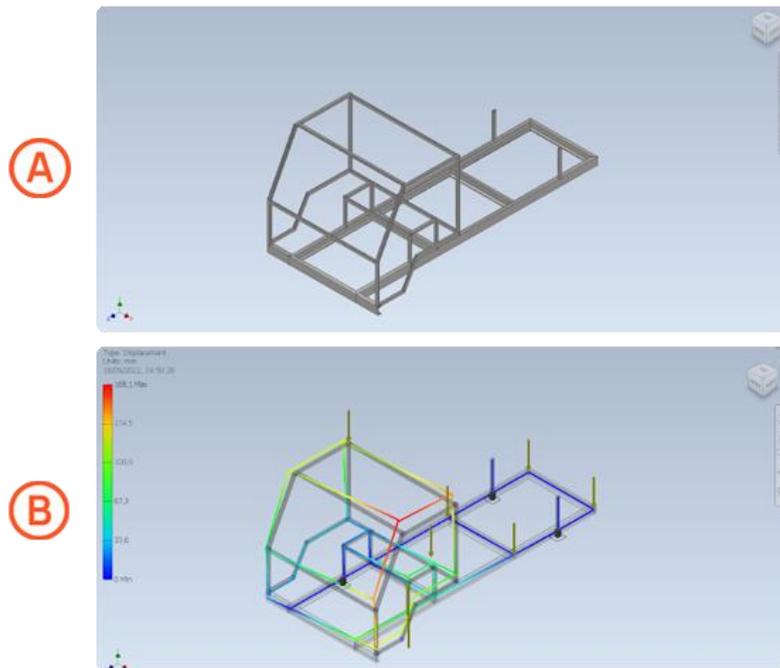
A realização de análises em um modelo tridimensional auxilia na compreensão e na estimativa do comportamento da estrutura projetada. De acordo com Pereira (2016), na análise estática são verificadas as aplicações de tensões decorrentes de esforços internos de um sistema e de carregamentos pontuais. Assim, por meio da verificação dos deslocamentos ocasionados durante as simulações, é possível observar se o modelo estrutural está corretamente dimensionado ou não. Para o presente estudo, desenvolveu-se um chassi do tipo *spaceframe* por meio do *software* de modelagem paramétrica Autodesk Inventor e a ferramenta *Frame Analysis*.

Conforme Oliveira *et. al* (2007), tal chassi possui configuração composta por membros tubulares circulares de pequeno diâmetro e/ou quadrados posicionados em diferentes posições, de maneira que ofereçam maior rigidez para suportar os carregamentos aos quais são submetidos. Para a estrutura analisada, os elementos foram determinados de acordo com as medidas definidas na alternativa de carroceria selecionada. Como limite, estabeleceu-se um deslocamento máximo de 10 mm do sistema. Outros valores também foram estimados: as massas da carga e do chassi foram consideradas 1.000 kg, enquanto a massa do guindaste foi estipulada em 50 kg. Inicialmente, então, realizou-se um ensaio preliminar, no qual foram testados os parâmetros e componentes da estrutura, de modo a observar seu comportamento. O primeiro sistema desenvolvido consta na Figura 12A.

Para a análise, distribuiu-se na região das rodas os esforços do chassi. Dessa forma, em 3 pontos de mobilidade, foram adicionadas restrições fixas, as quais não permitem a movimentação dos componentes nos três eixos (x, y, z). No lugar da roda esquerda frontal, de maneira a analisar a resistência da cabine, foi distribuída uma força com 3 vezes o valor da massa do chassi em dois pontos: na região de acoplamento da roda com a suspensão – do tipo MacPherson nesta área do veículo – e no local correspondente ao encontro da suspensão com o chassi. Na parte superior da cabine, na lateral direita, aplicou-se uma força peso correspondente ao valor do guindaste. No segmento posterior, quatro pontos de força peso foram distribuídos simetricamente, com valores baseados na estimativa da carga a ser transportada. Uma força gravitacional é gerada

automaticamente pelo *software* e aplicada no centro do sistema. A partir do resultado da primeira análise, portanto, conseguiu-se perceber que a estrutura estava subdimensionada, ocasionando um deslocamento de 168,1 mm, cerca de 17 vezes maior que o estimado (Figura 12B). Assim, decidiu-se refazer a estrutura com elementos mais robustos e de diferentes tipos de seções transversais.

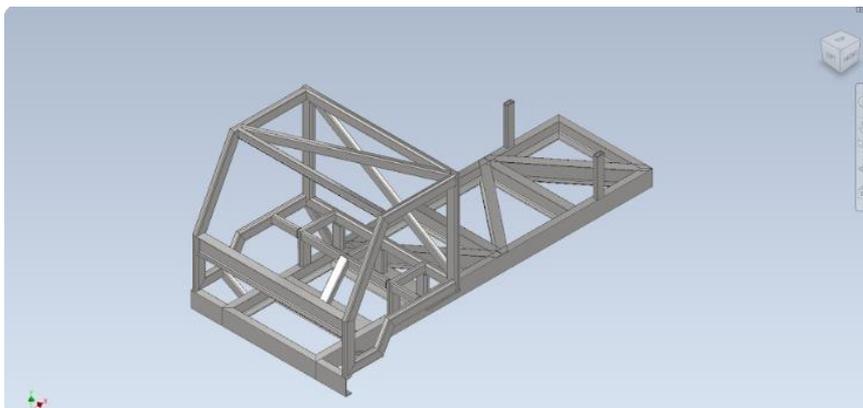
Figura 12 – Primeiro sistema desenvolvido (A) e o resultado da primeira simulação de esforço realizada (B).



Fonte: autores.

Para o novo sistema, empregou-se longarinas de maior espessura e seções transversais, capazes de suportar as solicitações necessárias para o deslocamento do veículo. Após sua finalização, diversas simulações foram realizadas, de tal forma que vigas eram adicionadas e removidas conforme o valor de deslocamento era alternado. Com isso, a estrutura final, que pode ser visualizada na Figura 13, é a considerada mais eficiente, pois permite o equilíbrio entre a resistência às solicitações mecânicas e o uso de material, promovendo viabilidade econômica. De acordo com o *software* utilizado, a massa estimada do chassi é de 867 kg.

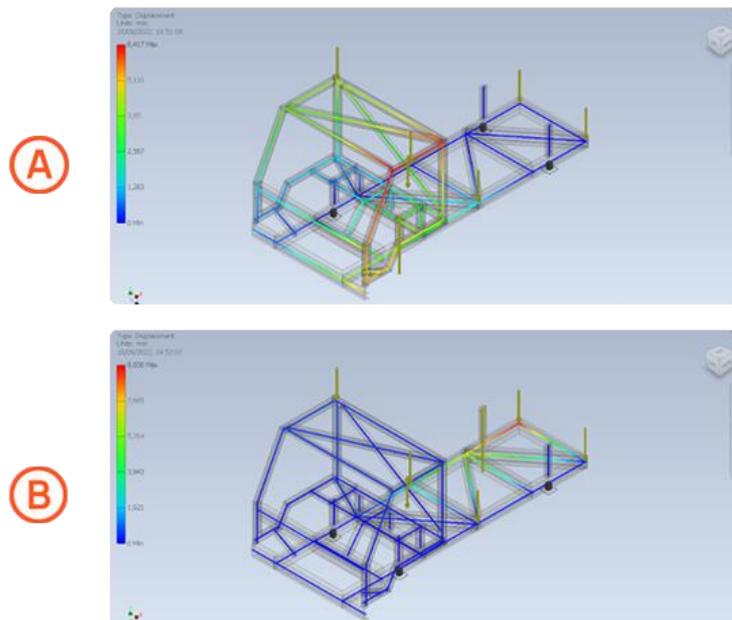
Figura 13 – Segundo sistema desenvolvido.



Fonte: autores.

O resultado do deslocamento com a aplicação dos esforços na parte frontal é de 6,417 mm, e pode ser visualizado na Figura 14A. Para o estudo no segmento traseiro, restringiu-se 3 pontos na região das rodas, tornando-os fixos nos três eixos (x, y, z). No local da roda direita traseira, aplicou-se uma força com 3 vezes o valor da massa do chassi. O primeiro ponto no acoplamento da roda com a suspensão – do tipo feixe de molas nesta região – e o segundo no encontro da suspensão com o chassi. As forças equivalentes à distribuição da carga, ao guindaste e ao efeito gravitacional permaneceram empregadas nas mesmas posições. Como resultado, obteve-se um deslocamento de 9,606 mm, o qual pode ser observado na Figura 14B.

Figura 14 – Resultado da última simulação com aplicação de força nas partes frontal (A) e traseira (B) do veículo.



Fonte: autores.

4.7. Dimensionamento Antropométrico

Para a elaboração do presente trabalho utilizou-se como referências as informações de dimensionamento antropométrico disponibilizadas por Panero (2015) e Macey e Wardle (2009), principalmente na construção do espaço interno da cabine. Com relação ao sistema de direção, devem ser levadas em consideração as diversas interações que o motorista terá com os subsistemas que estão dispostos para o controle do transporte. As partes que necessitam de manuseio, tais como as maçanetas, tiveram suas medidas determinadas a partir das dimensões das mãos do percentil masculino 95, utilizando como referência as informações disponibilizadas por Panero (2015).

No dimensionamento interno do transporte também foi considerado o espaço que deve haver entre o passageiro e o motorista, de maneira que ambos possam interagir sem interferências. Conforme Macey e Wardle (2009, p. 95), um pequeno caminhão deve ter aproximadamente 1475 mm de espaço na região superior dos ombros em uma zona de 200 mm, medidas a partir de 254 mm acima do quadril.

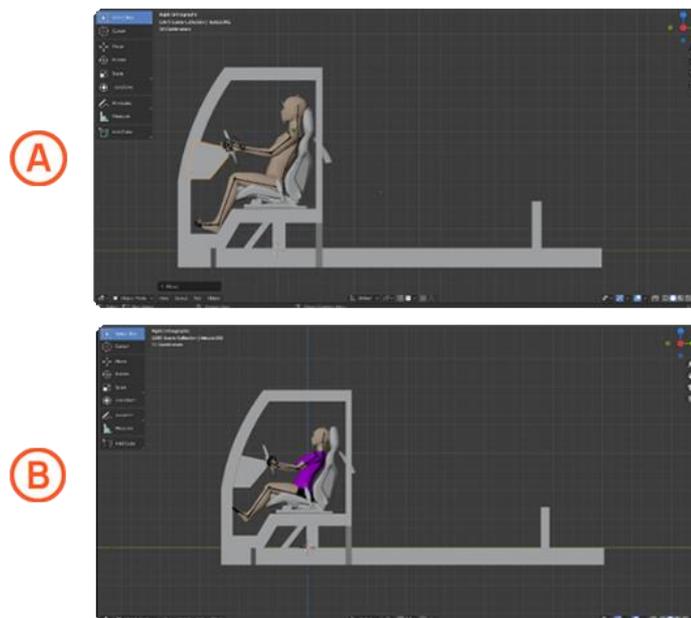
De acordo com Macey e Wardle (2009, p. 98), uma característica importante do interior de um veículo é a segurança e, portanto, cada componente que o compõe deve ser pensado de modo a evitar danos aos passageiros em caso de colisão. Desse modo, o sistema de *airbag* é item essencial

para a proteção dos ocupantes, protegendo-os de possíveis acidentes. No Brasil, de acordo com a lei Resolução CONTRAN nº 311, de abril de 2009, é obrigatório o uso do equipamento na parte frontal dos veículos.

4.8. Análise ergonômica virtual

Para a verificação e simulação das condições ergonômicas do espaço interno do veículo utilizou-se os modelos humanos digitais disponibilizados por Brendler (2017). Para isso, importou-se para os arquivos do *software* Blender, nos quais os modelos foram propostos, o modelo de chassi empregado na análise estrutural, um assoalho para servir como base, um assento, um painel e um volante. Assim, estimou-se as dimensões máximas de volume que os componentes poderiam ocupar no interior do transporte. Conforme os testes, mudanças foram propostas nas geometrias e disposições das partes. As simulações realizadas podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 – Teste com o percentil 95 masculino (A) e 5 feminino (B).



Fonte: autores.

5. Detalhamento

Segundo Baxter (2011), o projeto detalhado é a etapa seguinte a sua configuração, na qual determina-se como o produto será produzido, especificando se os componentes serão fabricados, descrevendo seus processos produtivos e materiais empregados, ou adquiridos de terceiros. Frente a isso, a partir da pesquisa realizada anteriormente, foram analisadas tecnologias já utilizadas pelo mercado, de modo a garantir a viabilidade econômica e produtiva do projeto.

5.1. Cabine

A cabine do automóvel foi desenvolvida de modo a ser moldada por fibras de vidro com acabamento em pintura automotiva (Figura 16A). A escolha do processo de fabricação se deu pelo fato de que o ferramental envolvido em sua produção ser mais barato (WAMBUA *et. al*, 2003 apud.

KEMERICH *et. al*, 2013), com matrizes mais leves e permitir a realização de um procedimento mais artesanal, em baixa escala. Deste modo, reforça-se a aplicabilidade financeira do projeto, tornando-o exequível. As lanternas de LED em sua porção frontal possuem lentes de policarbonato, o para-brisa é constituído por vidro laminado e as janelas laterais são feitas de vidro temperado. Em sua face superior, para auxiliar no deslocamento das cargas para a caçamba, há um guindaste elétrico, baseado em dispositivos disponíveis no mercado – de maneira a viabilizar financeiramente sua implementação.

Em seu interior (Figura 16B), o painel é desenvolvido em PVC com acabamento fosco e pigmentação preta. Os assentos são de couro, que possibilitam ajustes ergonômicos, também baseados em modelos disponibilizados comercialmente. O painel conta com telas para o monitoramento de parâmetros tais como velocidade e percentual da capacidade das baterias, bem como um espaço para a verificação do resultado obtido pela célula de carga durante o processo de pesagem. O volante possui regulagem para aproximar ou afastar-se do motorista, assim como também é equipado com sistema de *airbag*.

Figura 16 – Exterior (A) e interior (B) da cabine.



Fonte: autores.

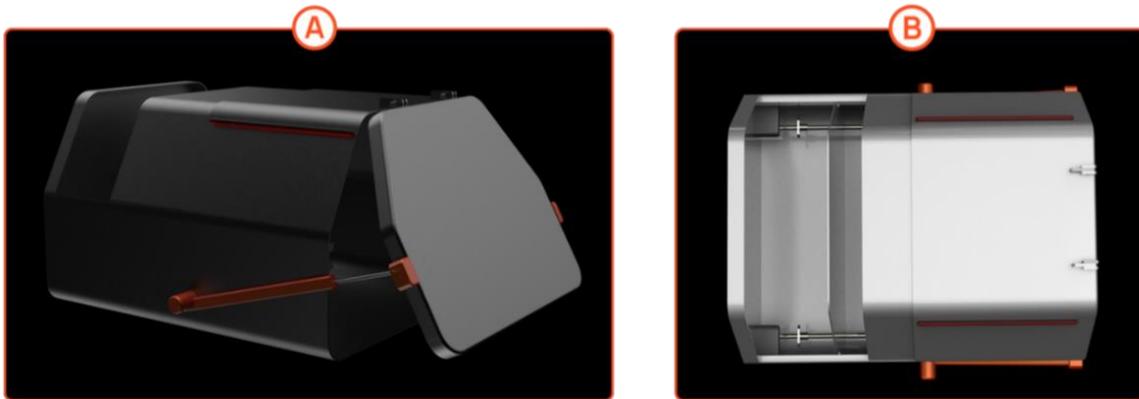
5.2. Caçamba

A caçamba do veículo (Figura 17A), que tem volume de 6 m³, foi projetada para ser confeccionada em chapas de aço estampadas de 6 mm de espessura com acabamento em pintura automotiva. Acoplada à caçamba há uma célula de carga para pesagem embarcada dos resíduos, sendo este um diferencial em comparação aos similares analisados.

A tampa superior desta peça possui abertura manual por meio de corrediças laterais, permitindo assim, quando aberta, o seu carregamento. Já a tampa traseira dispõe de acionamento automatizado através de atuadores lineares elétricos de 12V com 1000 mm de curso do pistão. Na parte lateral exterior da estrutura foram adicionados LEDs 12V vermelhos em formato de barra para sinalização do uso do equipamento.

Internamente à caçamba, há um compactador de resíduos (Figura 17B). Este sistema atua por meio de uma chapa metálica de 10 mm de espessura que se desloca a partir de dois fusos de esferas de 40 mm de diâmetro. Os fusos são rotacionados por motores elétricos de 12V e 1,4kW de potência posicionados na extremidade caçamba próxima à cabine.

Figura 17 – Caçamba fechada (A) e aberta (B).



Fonte: autores.

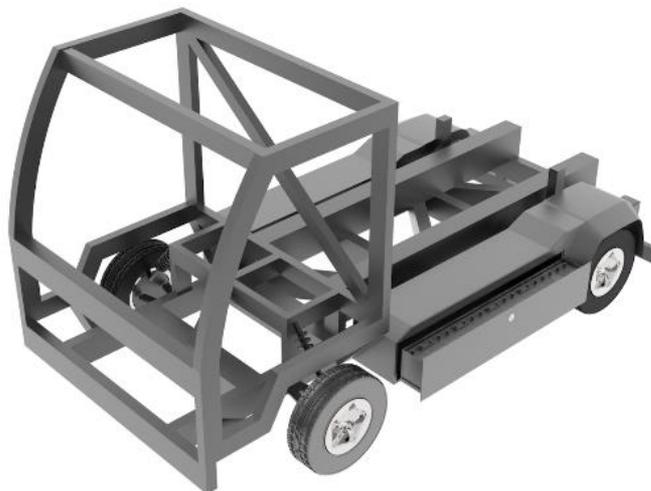
A caçamba possui medidas gerais de aproximadamente 1452 x 2143 x 2450 mm (A x L x P) e seus componentes elétricos, como a célula de carga embarcada, os leds, os motores e atuadores lineares, foram encontrados comercialmente por meio de pesquisas de mercado. Além disso, a grande área livre nas laterais da caçamba permite a fixação de informações a respeito da coleta, bem como o nome da própria unidade de triagem, entre outros elementos.

5.3. Sistema de Motor e Baterias

Para o projeto do veículo foram aplicados motores de acionamento direto modelo S400 da marca Elaphe nas duas rodas traseiras. Conforme o fabricante, esta peça possui massa de 17,6 kg, torque de 400 Nm, potência máxima de 19,5 kW e opera sob tensão de 48V.

O sistema de baterias empregado ao veículo é composto de quarenta baterias de lítio (LiFePO4) de 280Ah e 3,2V ligadas de vinte em vinte em série. As baterias são dispostas em gavetas laterais, que possuem abertura com corrediças telescópicas, conforme indicado na Figura 18, protegidas com sistema de travamento por chave, sendo acomodadas vinte de cada lado.

Figura 18 – Gaveta das baterias aberta.



Fonte: autores.

5.4. Sistema de Suspensão

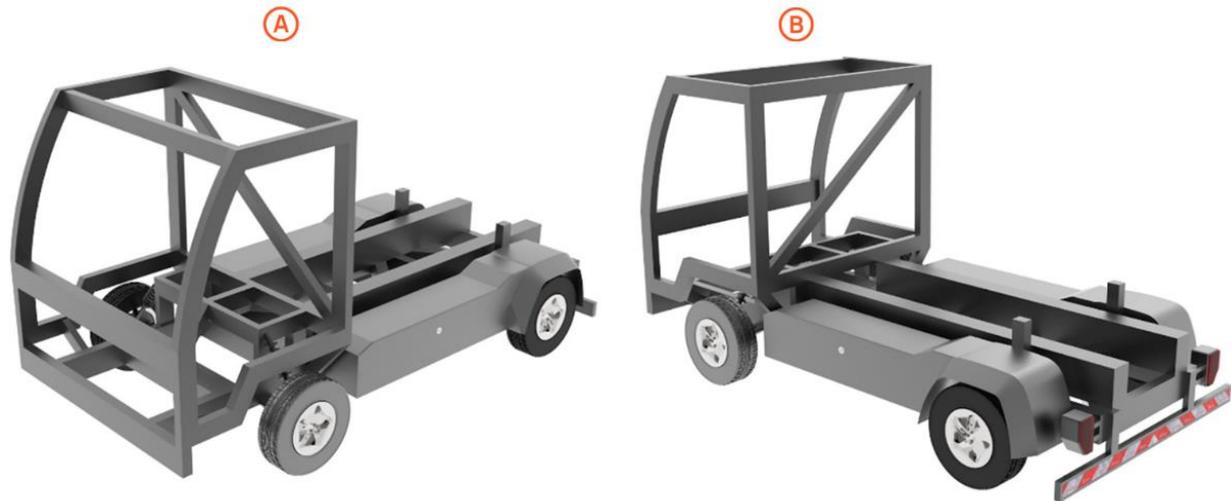
Foram escolhidos dois sistemas diferentes de suspensão para o veículo. A suspensão dianteira é do tipo McPherson devido a sua grande eficiência, versatilidade e baixo custo (Macey & Wardle, 2009), sendo composta basicamente de três elementos: mola helicoidal, amortecedor e braço triangular.

Já a suspensão traseira é de feixe de molas em virtude de na parte traseira estar disposta a caçamba e pela sua capacidade de suportar grande peso sem prejuízo de comportamento dinâmico ou distensão do conjunto (Macey & Wardle, 2009). Este tipo de suspensão é comum em caminhões e é composto de lâminas de aço sobrepostas.

5.5. Chassi

O chassi do veículo (Figura 19A) é composto por tubos de aço de seção I, U e retangulares soldados entre si. Na parte traseira do chassi (Figura 19B), há um paralama polimérico sobre os pneus, as sinaleiras em LED com lente em policarbonato e o local de aplicação da faixa refletiva para sinalização. Como mencionado em capítulo anterior, o uso de longarinas de diferentes seções ao longo da estrutura garante um menor uso de material, gerando conseqüentemente um menor custo para sua produção.

Figura 19 – Parte frontal (A) e traseira (B) do chassi.



Fonte: autores.

5.6. Simulações

Para um melhor entendimento dos dispositivos projetados, desenvolveram-se simulações (Figura 20) a partir da modelagem tridimensional e renderização de seus componentes. De acordo com Back *et al.* (2008), na modelagem, o objeto real é substituído por uma versão mais simples, com a mesma designação, em forma gráfica, textual ou simbólica.

Figura 20 – Simulação de uso.



Fonte: autores.

Além do modelo virtual, também foi produzido um modelo físico do veículo em escala 1:20 (Figura 21). As partes foram impressas em 3D e passaram por processo de acabamento, o qual contou com a aplicação de massa acrílica, lixamento e pintura.

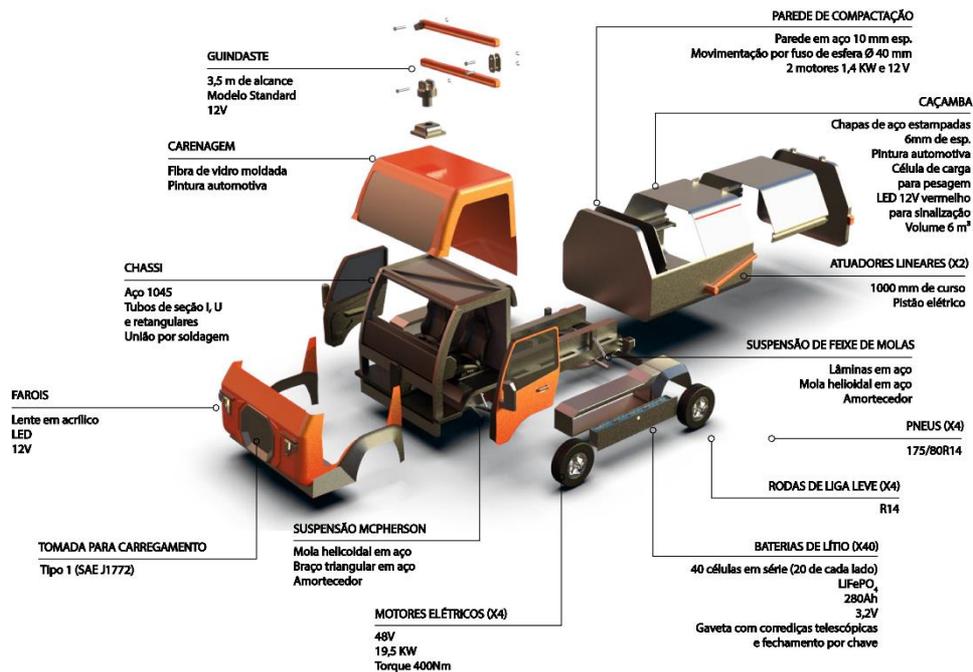
Figura 21 – Modelo 3D impresso.



Fonte: autores.

O projeto apresentado neste artigo foi inscrito, em 2022, no IX Prêmio Bornancini de Design, tendo recebido bronze, na categoria de Design de Produto de Mobilidade. Para este evento, foram desenvolvidas pranchas e renderizações, sendo apresentada, na Figura 22, a perspectiva explodida com o detalhamento técnico elaborada para o concurso.

Figura 22 – Perspectiva explodida.



Fonte: autores.

6. Conclusões

As atividades desenvolvidas nas Unidades de Triagem (UTs) são de extrema importância para a manutenção do bem-estar social nos grandes centros urbanos. Contudo, as tarefas, muitas vezes, são realizadas em condições insalubres e de maneiras inadequadas, podendo ocasionar graves problemas de saúde nos indivíduos envolvidos no serviço. O presente projeto, então, visa fornecer uma solução de mobilidade interna inovadora para as UTs, de modo a facilitar o desenvolvimento do trabalho, bem como promover uma melhora na qualidade de vida dos funcionários.

O resultado foi a criação de um veículo elétrico compacto, robusto, de baixo custo e equipado com tecnologias já existentes no mercado, tornando-se um projeto economicamente viável e passível de produção. Com o auxílio da simulação em modelo humano digital, comprovou-se os aspectos ergonômicos do interior do veículo, de modo a ser um espaço agradável para seus usuários. A partir da realização deste projeto, vislumbra-se proporcionar uma visão mais ampla e atenciosa aos serviços prestados pelos trabalhadores das UTs, que sofrem com situações de trabalho precárias e necessitam do design como ferramenta de transformação social. Além disso, também se espera que demais criações possam vir a ser desenvolvidas, de maneira a atender tantas outras demandas sociais latentes de grupos marginalizados.

7. Referências

- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018-2019**. (2019) Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 20 Jul. 2022.
- AGRALE. **Trator Agrale 4230**. Disponível em: https://www.agrale.com.br/pdf/pt/tratores_4000_trator_agrale_4230_42304_1.pdf. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- AGUIAR, R. **Os estigmas de trabalhar com o lixo**. Agência Fiocruz de Notícias, 04/11/2003. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/os-estigmas-de-trabalhar-com-o-lixo>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- ALKÈ. **Alke ATX 340**. Disponível em: <https://www.alke.pt/doc/alke-atx-veiculos-electricos-catalogo-pt.pdf>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- BACK N, OGLIARI A, DIAS A. & SILVA JC. **Projeto Integrado de Produtos**. Manole, Barueri, SP, 2008.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Editora Blucher, 2011. E-book. ISBN 9788521214380. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521214380/>. Acesso em: 10 Jul. 2024.
- BLOG PORTO IMAGEM. **Porto Alegre passa a ter coleta seletiva em 100% das ruas**. 2015. Disponível em: <https://portoimagem.wordpress.com/2015/09/29/porto-alegre-passa-a-ter-coleta-seletiva-em-100-das-ruas/>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- BRAJTERMAN, O. **Introdução de Veículos Elétricos e Impactos Sobre o Setor Energético Brasileiro**. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético, 2016. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5e/mestrado/Olivia_Brajterman.pdf. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- BRASIL. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm.
- BRENDLER, C. **Modelo Humano Digital Paramétrico para análise ergonômica virtual no projeto de produto**. 2017, p. 335. Tese (Tese de Doutorado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- CALDERONI, Sabetai. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. 4 ed. São Paulo: Editora Humanitas. 2003.
- DIAS, S.; ABUSSAFY, R.; GONÇALVES, J.; MARTINS, J. P. **Impactos da pandemia de COVID-19 sobre reciclagem inclusiva no Brasil**. Brasil, jun. 2020. Disponível em: https://www.wiego.org/sites/default/files/publications/file/Impacts%20of%20the%20COVID19%20Pandemic%20on%20Inclusive%20Recycling%20in%20Brazil%20Portuguese%20for%20web_1.pdf. Acesso em: 20 Jul. 2022.
- DOUCETTE, R. T.; MCCULLOCH, M. D. **Modeling the prospects of plug-in hybrid electric vehicles to reduce CO2 emissions**. Applied Energy, v. 88, n. 7, 2011, p. 2315-2323. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.01.045>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- EHSANI, M.; GAO, Y.; EMADI, A. **Modern Electric, hibrid electric and fuel cell vehicles fundamentals, theory and design**. Florida: 2017. CRC Press Web, 557 p.

- FUÃO, Fernando Freitas. **Construir e Reformar um Galpão de Reciclagem**. Porto Alegre: Edição do autor, 2015.
- GHIROTTTO, Eduardo. **Venda de veículos elétricos cresce 115% no 1º trimestre de 2022**. Metrôpoles. 13/04/2022. Disponível em: <https://www.metropoles.com/colunas/guilherme-amado/venda-de-veiculos-eletricos-cresce-115-no-1o-trimestre-de-2022>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- GOUPIL. **Goupil G4**. Disponível em: <https://www.goupil-ev.com/es/g4>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- HOFFMANN, A. T; JACQUES, J. de J. **Coleta Seletiva e iniciativas de Logística Reversa em Porto Alegre**. IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Universidade Federal de Santa Catarina. Ed. 9, vol. 03, p. 200-211. Florianópolis, maio de 2021. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- HOYER, K. G. **The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars**. Elsevier, vol. 16, n.2, p. 63-71. 2008. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/juipol/v16y2008i2p63-71.html>. Acesso em: 31 Jul. 2022.
- MACEY S, Wardle, G. (2009). **H-Point: The Fundamentals of Car Design & Packaging**. Pasadena, Ca: Design Studio Press.
- OLIVEIRA, F. C. G. d. et al. **Contribuição ao desenvolvimento de uma estrutura veicular tipo spaceframe usando o método dos elementos finitos e métodos heurísticos de otimização numérica**. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores: Um livro de consulta e referência para projetos**. México: G. Gill, 2015.
- PEREIRA, C. N. **Análise estrutural estática por elementos finitos de um chassi veicular tipo spaceframe**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem e Otimização) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Departamento Municipal de Limpeza Urbana**. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu>. Acesso em: 17 Jul. 2024.
- SAPPER, Stella Lisboa. **A transposição dos requisitos estéticos e simbólicos de projeto em atributos formais do produto**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Design para a obtenção do título de Mestre em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- SEVERO, Ana Luiza Felix; VILAR GUIMARÃES, Patrícia Borba; FERREIRA MAIA, Fernando Joaquim. **O estigma da atividade de catador de material reciclável no ambiente urbano: uma análise na ótica de Erving Goffman sobre o “lixo extraordinário”**. Revista de Direito da Cidade, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 2002–2022, 2017. DOI: 10.12957/rdc.2017.29458. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/29458>. Acesso em: 31 jul. 2022.
- SILVA DA SILVA, C.; NASCIMENTO, L. F. **25 ANOS DA COLETA SELETIVA DE PORTO ALEGRE: HISTÓRIA E PERSPECTIVAS**. Revista Gestão e Desenvolvimento, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 33–50, 2017. DOI: 10.25112/rgd.v14i2.1135. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistagestaoedesenvolvimento/article/view/1135>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- WAMBUA, Paul; IVENS, Jan; VERPOEST, Ignaas. **Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?**. Composites science and technology, v. 63, n. 9, p. 1259-1264, 2003.
- ZANETI, Izabel. **As Sobras da Modernidade**. O sistema de gestão de resíduos em Porto Alegre, RS. 2006.