

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
DESIGN DE PRODUTO

GREICE CARVALHO CALDOVINO

**EQUIPAMENTO DE AUXÍLIO PARA TRIAGEM POR COR DE TAMPAS
POLIMÉRICAS EM SITUAÇÃO DE PÓS-CONSUMO**

PORTO ALEGRE
2018

GREICE CARVALHO CALDOVINO

**EQUIPAMENTO PARA AUXÍLIO NA TRIAGEM POR COR DE TAMPAS
POLIMÉRICAS EM SITUAÇÃO DE PÓS-CONSUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, como quesito para a obtenção do título de bacharel em design de produto.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Pinto da Silva

PORTO ALEGRE
2018

GREICE CARVALHO CALDOVINO

**EQUIPAMENTO PARA AUXÍLIO NA TRIAGEM POR COR DE TAMPAS
POLIMÉRICAS EM SITUAÇÃO DE PÓS-CONSUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, como quesito para a obtenção do título de bacharel em design de produto.

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Leandro dos Santos

Prof^a. Dr^a Clariana Fischer Blendler

Prof^a. Dr^a Elisa Guerra Ashton

Porto Alegre, 30 de Novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao amigo Leonardo Kratz Mendes por ter me apresentado o Programa Tampinha Legal, também agradeço a Simara Souza pela confiança e disponibilidade em me auxiliar ao longo do desenvolvimento do projeto.

Agradeço imensamente o professor Fábio Pinto da Silva por todos os assessoramentos e pela intensa ajuda durante a construção do protótipo e realização dos testes. Muito obrigada!

Agradeço ainda ao engenheiro de controle e automação Lucas Lauri, por compartilhar seus conhecimentos e pela contribuição fundamental para que os testes envolvendo programação fossem executados.

Um agradecimento especial ao meu namorado Davi Cardoso, pela parceria e colaboração em diversos momentos ao longo deste e outros trabalhos durante a minha graduação no curso design de produto.

Finalmente agradeço a minha mãe, Nurimar Carvalho, por estar sempre presente para me auxiliar e pela confiança depositada em mim ao longo de toda a graduação, e agradeço também, a minha avó Helena Carvalho, por todo o apoio e paciência.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um equipamento automatizado para auxílio na triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós-consumo. Tendo como objeto de estudo o Programa socioambiental Tampinha Legal, o trabalho busca soluções de baixo custo visando condições de viabilização do projeto. O trabalho tem como base metodológica as diretrizes do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos - PRODIP e compreende quatro etapas: Planejamento de Projeto, Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Preliminar. Na primeira fase do trabalho, através de uma revisão bibliográfica, buscou-se um panorama da situação de descarte de resíduos recicláveis visando obter um entendimento dos métodos de triagem mais utilizados e as tecnologias aliadas à esta atividade. Avaliou-se também as condições para a reciclagem polimérica culminando em informações acerca de tampas de embalagens mais comumente encontradas. Averiguou-se ainda tecnologias de fabricação digital, como impressão 3D e corte à laser e a utilização da plataforma Arduíno para auxiliar na elaboração de projetos automatizados de baixo custo. Em busca do entendimento do problema de projeto foram realizadas visitas ao depósito do Programa Tampinha Legal e a sede de uma das entidades assistenciais cadastradas no Programa. As informações coletadas durante as visitas contribuíram para que se pudesse compreender o processo de triagem por cor de tampas poliméricas utilizado pelas entidades e suas deficiências, contribuindo para estabelecer os requisitos dos usuários e de projeto para o novo produto a ser criado. Realizou-se ainda um levantamento de similares e foram realizadas análises dos mesmos. A segunda fase do trabalho inicia-se com a construção do conceito do produto e em seguida apresenta-se a geração de alternativas. Para tal fora utilizado o método da matriz morfológica e, através da combinação dos *sketches* e representações tridimensionais geradas para cada zona do equipamento, criou-se quatro alternativas preliminares. Ao selecionar a alternativa mais considerada mais adequada iniciaram-se os testes e validações, culminando na construção de um protótipo funcional. Com o protótipo, que fora construído evidenciando o baixo custo de produção, pôde-se validar diversas hipóteses levantadas ao longo do trabalho, concluindo-se que o equipamento classifica sete cores, conforme os requisitos, e leva em torno de 1 segundo para classificar cada cor.

Palavras-chave: Separação automatizada. Baixo Custo. Tampas poliméricas. Pós-consumo.

ABSTRACT

This work aims at the development of an automated equipment to aid in the color sorting of post-consumer polymer caps. Having as object of study the Social and Environmental Program Tampinha Legal, the work looks for solutions of low cost aiming conditions of viabilization of the project. The work has as methodological basis the guidelines of the Integrated Product Development Process - PRODIP and comprises four steps: Project Planning, Informational Project, Conceptual Project and Preliminary Project. In the first phase of the work, through a bibliographical review, we searched for an overview of the disposal situation of recyclable waste in order to obtain an understanding of the most used screening methods and the technologies allied to this activity. It was also evaluated the conditions for the polymer recycling culminating in information about the most commonly encountered packaging closures. Digital manufacturing technologies such as 3D printing and laser cutting and the use of the Arduino platform to assist in the elaboration of low-cost automated designs were also investigated. In order to understand the project problem, visits were made to the deposit of the Tampinha Legal Program and the headquarters of one of the assistance entities registered in the Program. The information collected during the visits helped to understand the process of color sorting of polymer caps used by the entities and their deficiencies, helping to establish the users' and design requirements for the new product to be created. A similar survey was carried out and analyzes were carried out. The second phase of the work begins with the construction of the concept of the product and then the generation of alternatives is presented. For this the morphological matrix method was used and, through the combination of sketches and three-dimensional representations generated for each zone of the equipment, four preliminary alternatives were created. When selecting the most suitable alternative, the tests and validations were started, culminating in the construction of a functional prototype. With the prototype, which was built showing the low cost of production, it was possible to validate several hypotheses raised throughout the work, concluding that the equipment classifies seven colors according to the requirements, and takes about 1 second to classify each color.

Keywords: Automated separation. Low cost. Polymer caps. Post-consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posições que se pode assumir em uma esteira de triagem manual	26
Figura 2 - Esquema de funcionamento do sistema de triagem por corrente Focault.....	28
Figura 3 – Espectroscopia: sistema em funcionamento.....	29
Figura 4 - Simbologia de orientação e descarte seletivo de polímeros	32
Figura 5 - Placa Arduino modelo UNO.....	35
Figura 6 - Simulação de busca de pontos de coleta do Tampinha Legal em Porto Alegre	41
Figura 7 – Tampas ensacadas, separadas por cor e identificadas.....	42
Figura 8 - Pesagem das tampas ensacadas e armazenamento de dados	42
Figura 9 - Caminhão da empresa de reciclagem fazendo a coleta das tampas ensacadas.....	43
Figura 10 - Lavatório desativado serve como depósito para tampas.....	47
Figura 11 - Tampas armazenadas do lado de fora devido ao grande volume	47
Figura 12 - Sacos com tampas segregadas aguardando o dia da entrega	48
Figura 13 - Primeira etapa do trabalho: despejar as tampas sob a mesa	49
Figura 14 - Forma de realização do trabalho.....	49
Figura 15 - Processo manual de separação realizado pelas entidades.....	50
Figura 16 - M&M's® and Skittles® sorting machine by Willem	57
Figura 17 - FAST NXT 2.0® ball sorter	58
Figura 18 - Plastic Sorting Machine for Recycling PET Bottle Flakes - BCS1280B	59
Figura 19 - M&M's®, Skittles® and Resse's® sorting machine	60
Figura 20 - Painel estilo de vida.....	70
Figura 21 - Painel expressão do produto	70
Figura 22 - Painel do tema visual	71
Figura 23 - Esquema para tipos (a.1) e fluxos (a.2)	74
Figura 24 - Formatos (a.3): cilíndrico, retangular e estrutura de apoio.....	74
Figura 25 - Campo visual no plano horizontal	76
Figura 26 - Comparação entres os extremos percentis de estatura 95 e 5 (masculino e feminino)	77
Figura 27 - Tipos de dispositivo de entrada (b.1).....	78
Figura 28 - Amostra de tampas poliméricas de cada categoria	80
Figura 29 - Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (a))	80
Figura 30 - Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (b))	81
Figura 31 - Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (c 1) e (c 2))	82

Figura 32 - Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (d))	82
Figura 33 - Tipo de dispositivo limitador em grade (b.2.2)	83
Figura 34 - Tipo de componente ordenador espiral (c.1.1)	84
Figura 35 - Tipo de componente ordenador circular/radial (c.1.2 (a))	84
Figura 36 - Tipo de componente ordenador circular/radial (c.1.2 (b)).....	85
Figura 37 - Tipo de componente ordenador côncavo (c.1.3).....	85
Figura 38 - Tipo de componente ordenador esteira em rampa (c.1.4).....	86
Figura 39 - Tipo de componente ordenador estilo moinho (c.1.5)	86
Figura 40 - Tipo de componente estrutura de encaixe (d.1.1).....	89
Figura 41 - Estratégia de saída radial (e.1.1), linear (e.1.2) e alternado (e.1.3)	89
Figura 42 - Tipo de dispositivo de saída “torneira” (e.2.1), espiral (e.2.2) e rampa (e.2.3).....	90
Figura 43 - Materiais de apoio utilizados pelo Programa Tampinha Legal	92
Figura 44 - Formato (g.1), tipo (g.2) e base/topo (g.3) e suas derivações.....	92
Figura 45 - Estrutura de espera para sacos (g.2.1 (a), (b), (c) e (d)).....	93
Figura 46 - Estrutura de espera para sacos g.2.1 (e, f, e g).....	94
Figura 47 - Contenedores inscritos em losango (g.4.1), quadrado (g.4.2) e circunscrito em círculo (g.4.3)	95
Figura 48 - Contenedores em disposição linear (g.4.4) e alternada (g.4.5).....	95
Figura 49 - Alternativa 01: partes do equipamento	96
Figura 50 - Alternativa 01: detalhes da zona de ordenação.....	97
Figura 51 - Alternativa 01: zonas de interação com o usuário.	97
Figura 52 - Alternativa 01: previsão do sistema interno	98
Figura 53 - Alternativa 02: partes do equipamento.	99
Figura 54 - Alternativa 02: detalhe das zonas que compõem o equipamento	99
Figura 55 - Alternativa 02: vistas do equipamento e zonas de interação com o usuário.....	100
Figura 56 - Alternativa 02: previsão do sistema interno	100
Figura 57 - Alternativa 03: partes do equipamento	101
Figura 58 - Alternativa 03: detalhes internos	102
Figura 59 - Alternativa 03: zonas de interação com o usuário	102
Figura 60 - Alternativa 04: partes do equipamento	103
Figura 61 - Alternativa 04: zonas de interação com o usuário	104
Figura 62 - Alternativa 04: previsão do sistema interno	104
Figura 63 - Protótipo construído durante a fase de testes.....	108
Figura 64 - Motores que atuam com a zona de ordenação e dispositivo de saída.....	110

Figura 65 - Componentes adicionados ao protótipo.....	111
Figura 66 - Render da solução com as zonas sinalizadas.....	113
Figura 67 – Render do corpo do equipamento	114
Figura 68 – Render da zona de entrada	115
Figura 69 – Render da zona de ordenação e classificação.	116
Figura 70 – Render da zona de saída.....	116
Figura 71 – Render dos acessórios	117
Figura 72 - Esquema de montagem dos elementos do sistema	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do projeto.....	22
Quadro 2 - Vantagens e desvantagens da coleta manual de resíduos recicláveis.....	26
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens da coleta automatizada de resíduos recicláveis.....	30
Quadro 4 - Polietileno de Alta Densidade – PEAD.....	33
Quadro 5 - Polipropileno – PP.....	34
Quadro 6 - Cores mais utilizadas em tampas poliméricas.....	34
Quadro 7 - Informações técnicas do sensor de cor TCS3200.....	36
Quadro 8 - Informações técnicas do sensor de cor RGB TCS34725 com Filtro IR.....	37
Quadro 9 - Cadeia de envolvidos no Programa Tampinha Legal.....	43
Quadro 10 - Volume de tampas separadas <i>versus</i> n° de pessoas que realizam a atividade.....	54
Quadro 11- Comparação entre similares analisados.....	61
Quadro 12 - Requisitos dos usuários.....	63
Quadro 13 - Conversão dos requisitos dos usuários em requisitos de projeto.....	65
Quadro 14 - Resultado da priorização dos requisitos de projeto.....	66
Quadro 15 - Especificações de projeto.....	67
Quadro 16 - Locação de funções do equipamento para separar itens por cor.....	72
Quadro 17 - Elementos que viabilizam a movimentação do equipamento ou parte dele.....	75
Quadro 18 - Categorias de tampas poliméricas.....	79
Quadro 19 - Posições que as tampas podem assumir na zona de classificação.....	88
Quadro 20 - Matriz de Pugh aplicada às alternativas preliminares.....	105
Quadro 21 - Partes do protótipo construído durante a fase de testes.....	109

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 PLANEJAMENTO DE PROJETO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 JUSTIFICATIVA	19
1.4 METODOLOGIA	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 BREVE PANORAMA DA COLETA SELETIVA	23
2.2 MÉTODOS DE TRIAGEM DE RESÍDUOS	25
2.2.1 Triagem manual	25
2.2.2 Triagem automatizada	27
2.3 RECICLAGEM DE POLÍMEROS	30
2.3.1 Simbologia de caracterização dos materiais	31
2.3.2 Condições para a reciclagem	32
2.4 AS TAMPAS DE EMBALAGENS	33
2.5 PLATAFORMA ARDUINO	35
2.6 FABRICAÇÃO DIGITAL	37
3 PROJETO INFORMACIONAL	39
3.1 OBJETO DE ESTUDO: PROGRAMA TAMPINHA LEGAL	39
3.2 VISITA 1: DEPÓSITO DO TAMPINHA LEGAL	40
3.2.1 Fluxo de trabalho do Tampinha Legal	40
3.2.2 Relatos e depoimentos	44
3.3 VISITA 2: ENTIDADE ASSISTENCIAL.....	45
3.3.1 Organização da entidade enquanto participante do Programa	46
3.3.2 O processo de separação de tampinhas	48
3.3.3 Entrevistas	51
3.4 QUESTIONÁRIO	52
3.4.1 Conclusões acerca do questionário	54
3.5 LEVANTAMENTO DE SIMILARES.....	55
3.5.1 Conclusões sobre o levantamento de similares	61

3.6 DELIMITAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO	62
3.7 REQUISITOS DOS USUÁRIOS	63
3.8 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DOS USUÁRIOS EM REQUISITOS DE PROJETO	64
3.9 PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO	65
3.10 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO	67
4 PROJETO CONCEITUAL	69
4.1 CONCEITO DO PRODUTO	69
4.1.1 Painel estilo de vida	69
4.1.2 Painel expressão do produto	70
4.1.3 Painel do tema visual	71
4.2 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS	72
4.2.1 Corpo do equipamento	73
4.2.2 Zona de entrada	77
4.2.3 Zona de ordenação	83
4.2.4 Zona de classificação	87
4.2.5 Zona de saída	89
4.2.6 Interface de controle	90
4.2.7 Acessórios	91
4.2.8 Alternativas preliminares do equipamento	96
4.2.8.1 Alternativa 01	96
4.2.8.2 Alternativa 02	98
4.2.8.3 Alternativa 03	101
4.2.8.4 Alternativa 04	103
4.3 SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	105
5 PROJETO PRELIMINAR	107
5.1 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	107
5.1.1 Testes e validações	108
5.2 DETALHAMENTO	113
5.2.1 Corpo do equipamento	114
5.2.2 As quatro zonas principais	115
5.2.3 Acessórios	117
5.2.4 Sistema interno	118
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	119

REFERÊNCIAS	120
APÊNDICE A - MODELOS DE TAMPAS POLIMÉRICAS UTILIZADAS EM ALGUNS TIPOS DE EMBALAGENS	126
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO	130
APÊNDICE C - ANÁLISE DE SIMILARES	132
APÊNDICE D - PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS SIMILARES	136
APÊNDICE E - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE – QFD	140
APÊNDICE F - ÁRVORE FUNCIONAL DE UM EQUIPAMENTO QUE SEPARA ITENS POR COR.....	141
APÊNDICE G - MATRIZ MORFOLÓGICA DO EQUIPAMENTO PARA SEPARAR TAMPAS POR COR.....	143
APÊNDICE H – SOLUÇÕES PARA BOTÕES E LEDS.....	144
APÊNDICE I – SOLUÇÕES PARA DISPLAY	146
APÊNDICE J. IMAGENS MODELO DE ESTRUTURA DE ESPERA PARA SACOS. .	147
APÊNDICE K - CUSTOS PARA A PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	148
APÊNDICE L – REQUISITOS DE PROJETO ALCANÇADOS	149
APÊNDICE M - RENDERS DA SOLUÇÃO (VISTAS E DETALHES).....	151
APÊNDICE N – DESENHO TÉCNICO: PARTES E COMPONENTES	156
APÊNDICE O - VISTAS EXPLODIDAS DAS PARTES E COMPONENTES DO SISTEMA E SUAS ESPECIFICAÇÕES	177
APÊNDICE P. ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DO SISTEMA INTERNO. .	182
ANEXO 1 - DIFERENÇAS ENTRE MODELOS DE PLACAS ARDUINO	184

INTRODUÇÃO

Embalagens e produtos poliméricos em situação de pós-consumo são potencialmente recicláveis, contudo, a porcentagem de polímeros reciclados ainda é muito baixa quando comparada às altas taxas de produção. Muitos destes resíduos encontram-se em aterros, chegam aos oceanos e afetam drasticamente a vida marinha e a saúde pública. Hoje esta é uma situação que atinge a todos e deve ser globalmente repensada. Entretanto, a coleta seletiva atua de forma a criar condições para que os resíduos cheguem aos locais de reciclagem eliminando as perdas, atuando como fonte de renda para catadores e cooperativas de triagem e oportunizando a economia circular. A reciclagem como agente gerador de recursos financeiros, neste mesmo contexto, impulsiona também as campanhas de arrecadação de materiais recicláveis com finalidades socioambientais, em especial, o Programa Tampinha Legal, que será objeto de estudo deste trabalho.

Para a reciclagem, quanto mais segregado o material chega às unidades recicladoras, maior é o valor agregado ao mesmo. No caso da arrecadação de tampas poliméricas proporcionada pelo Programa Tampinha Legal, a separação por cores é uma condição para esta distinção, ocasionando em um aumento no seu valor de mercado. Contudo, as organizações não governamentais que aderem à participação na campanha, realizam a triagem do material de forma manual utilizando pouco ou nenhum recurso tecnológico para auxiliar na atividade. Além de não possuírem um espaço adequado para realizarem a tarefa, dependem da ajuda de voluntários que se sensibilizam com a causa para que o trabalho aconteça ou dos próprios funcionários da entidade afetando desta forma sua rotina de trabalho na instituição. Por conta disso, esta atividade, em muitos casos, pode não se sustentar por muito tempo.

Em contrapartida, o design de produto atua na busca por soluções que se adaptem às mais diversas condições, tendo isso em vista, agregar tecnologia a soluções de baixo custo apresenta-se como um desafio a ser explorado. Portanto, o presente trabalho pretende viabilizar a construção de um equipamento de baixo custo para auxílio na triagem por cores de tampas poliméricas em situação de pós-consumo. Tem-se também a finalidade de auxiliar para que iniciativas como esta se mantenham ativas por mais tempo, garantindo, conseqüentemente, que a atividade reverta-se de forma mais eficaz em recursos financeiros para as entidades assistenciais.

1 PLANEJAMENTO DE PROJETO

De acordo com Back et al. (2008), o planejamento de projeto ou briefing trata-se de uma etapa introdutória em que se assume uma abordagem investigativa acerca do cenário no qual o tema proposto está inserido. Através deste panorama, criam-se condições para apresentar o problema de projeto, a justificativa, o objetivo central e seus desdobramentos e as metas a serem alcançadas. Nesta etapa, apresenta-se também a metodologia que será utilizada para nortear o desenvolvimento do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

De maneira geral, os materiais poliméricos tem um ciclo de vida longo, portanto, esta característica aliada a uma gestão ineficiente dos resíduos, em longo prazo, acarretou em um problema global envolvendo questões ambientais e de saúde pública. De acordo com Gayer et al. (2017), apenas cerca de 9% do resíduos poliméricos foram mundialmente reciclados, 12% foram incinerados e 79% foram acumulados em aterros sanitários ou no ambiente natural. Conforme o estudo, se as tendências atuais de produção e gestão de resíduos continuarem da mesma forma, cerca de doze milhões de toneladas de resíduos poliméricos estarão em aterros sanitários ou no ambiente natural até 2050.

Sabe-se que as garrafas PET são produzidas em larga escala, de acordo com o Greenpeace (2018), a produção mundial chega a um volume de quinhentos bilhões de unidades por ano. Este mesmo valor pode ser traduzido para a tampa da garrafa e para o rótulo, já que ambos compõem a embalagem e contribuem da mesma forma para o agravamento dos problemas gerados pelo lixo. Neste contexto, de acordo com Project Aware (2017), as tampas poliméricas utilizadas nas garrafas PET e em outras embalagens estão entre os cinco itens mais comuns encontrados nas praias de todo o mundo. Para a Agência Europeia do Ambiente (2014), este se trata de um problema transfronteiriço: quando chega ao mar, não pertence a ninguém, o que torna a sua gestão difícil e muito dependente da existência de uma boa colaboração regional e internacional.

Paralelamente, a coleta seletiva tem como objetivo promover a atividade de reciclagem de materiais e é um trabalho que a sociedade e as empresas realizam em conjunto com os centros de triagem e unidades de reciclagem, ainda que indiretamente. Entretanto,

segundo Mancini (2017), para que a qualidade do reciclável seja boa é preciso investir na educação do gerador, a fim de que ele descarte seus resíduos adequadamente.

Nos países em que maiores recursos são utilizados para esta finalidade, os resultados em termos de conscientização da população, volume de material reciclado e tecnologia agregada ao processo são mais positivos. De acordo com Witzler (2018), a Alemanha é o país que mais recicla no mundo reciclando 65% do lixo produzido (dados de 2016). O país possui um eco parque de reciclagem sendo considerado o mais completo da Europa atendendo a uma população de 1,4 milhão de habitantes. A maior parte dos processos é automatizada, e as esteiras de separação manual já foram abandonadas. Como a coleta é seletiva, sem contaminação de orgânicos, o lixo inorgânico passa por uma etapa inicial de peneiras com pedaços de até cinquenta centímetros, sendo triturados em uma máquina de baixa rotação. Na etapa seguinte, um leitor óptico consegue separar o lixo de acordo com as especificações desejadas, seja de cor, tamanho ou tipo, eliminando assim a necessidade de interação humana (CIDADES INTELIGENTES, 2017).

No Brasil a situação é diferente, um estudo do CEMPRE (2016) revela que apenas 18% dos municípios brasileiros contam com o serviço de coleta seletiva nos quais se apresentam concentrados nas regiões sul e sudeste do país. Dos municípios que realizam a coleta, de acordo com Sant'anna (2015), as empresas que realizam o serviço de triagem tem funcionamento primitivo na grande maioria das vezes, funcionando da seguinte forma: para os resíduos sólidos urbanos, primeiro é feita uma pré-seleção na qual são retirados objetos grandes e irrecuperáveis, em seguida os resíduos menores são retirados dos sacos e encaminhados manualmente para esteiras. E explica que, os funcionários posicionam-se ao lado das esteiras e selecionam os resíduos reaproveitáveis, desta forma, mesmo que se tenham muitas pessoas trabalhando nas esteiras, é impossível recolher de forma produtiva o material que pode ser reciclado, o que gera muito desperdício.

Em se tratando de reciclagem de polímeros, entre as suas vantagens estão que, alguns tipos de polímeros podem ser reciclados diversas vezes, o que o faz um material com grande potencial de reaproveitamento. No Brasil, o índice de reciclagem mecânica de polímeros é de aproximadamente 20%, na Europa é de 29,7%, sendo assim, há um grande horizonte a ser conhecido (MOVIMENTO PLÁSTICO TRANSFORMA, 2016). Entretanto, no processo de reciclagem de polímeros pode ocorrer a degradação do material, principalmente térmica e mecânica, resultado de mudanças estruturais do polímero, e conseqüente alteração das

propriedades do material. Desta forma, quando se realiza qualquer tipo de reciclagem de materiais poliméricos é necessário o acompanhamento das alterações das propriedades do material obtido, através de ensaios, que seguem procedimentos técnicos descritos em normas específicas. Os produtos obtidos com o uso de material reciclado muitas vezes, apresentam custo mais elevado ou são considerados de qualidade inferior, quando comparado com produtos similares produzidos com matéria-prima virgem (MAHLMANN et al., 2003).

Segundo dados do CEMPRE (2017), o valor de compra dos materiais recicláveis segue valores que se diferenciam entre os estados brasileiros. Tendo como base o polímero rígido em São Paulo o preço varia de R\$ 600,00 a R\$ 1.000,00 reais por tonelada (limpos) e R\$ 1.650,00 por tonelada (prensado). Já no Rio Grande do Sul, os municípios de Canoas, na grande Porto Alegre, e a própria capital representam, respectivamente, R\$ 300,00 (sem exigências) e R\$ 900,00 (prensado e limpo).

No que tange a geração de renda por meio da reciclagem, estão às campanhas de arrecadação de material polimérico aliadas a ONGs e entidades assistenciais, que tem como objetivo a arrecadação de recursos financeiros e, ao mesmo tempo, a função de conscientizar a sociedade para a reciclagem. Estes programas de beneficiamento auxiliam essas instituições na arrecadação de recursos e podem partir de diferentes iniciativas. Entre diversas campanhas semelhantes encontra-se o Tampinha Legal, que é responsável por dar assistência a ONGs, através de uma campanha permanente de arrecadação de tampas poliméricas de embalagens. De acordo com a coordenação do Programa quando o material é segregado, isto é, separado por cores e de outros materiais como metais, rolas, pilhas e baterias e chaves, por exemplo, é mais bem valorizado pelo mercado que determina o seu valor por kg de acordo com a região ou a sazonalidade agregando um valor médio de 70%.

As ONGs e entidades assistenciais que participam do Programa realizam a atividade de segregação do material de forma manual e mobilizam a instituição e parceiros voluntários para esta atividade. Uma representante de uma das entidades participantes aponta que foram arrecadadas 17 toneladas de tampas pela entidade (desde 2016) e foram recebidos R\$ 34.000,00 em recursos, e explica que para cada tonelada são gerados em torno de R\$ 2.000,00 já que a entidade, por ela representada, entrega o material para o Programa em média uma vez por semana o que varia entre 100 e 160 sacos por carregamento (GULARTE, 2018).

No entanto, segundo Schommer (2001, apud Tude e Rodrigues, 2008) existe um risco que se refere à quantidade de esforço empregado para a execução de atividades geradoras de

renda para as organizações não governamentais, visto que, a sobrevivência da entidade acaba consumindo mais esforços do que a causa fim. Logo, para que haja sucesso de tais atividades, é necessário maior autossuficiência no tocante da execução da atividade por parte das mesmas. Neste contexto, há uma carência de equipamentos que visem à eficiência aliada ao baixo custo objetivando auxiliar na atividade de triagem por cores exercida pelas ONGs que participam do Programa Tampinha Legal, ao passo que amplia possibilidades para potenciais soluções de design de produto.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos os quais serão apresentados a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um equipamento automatizado de baixo custo para auxílio na triagem de tampas poliméricas em situação de pós-consumo com o intuito de melhorar a eficiência do processo de segregação por cores.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos compreendem as metas propostas para o presente trabalho:

- a) Identificar os fatores que prejudicam a eficiência do processo atual de separação por cores de tampas poliméricas em situação de pós-consumo;
- b) Analisar sistemas similares existentes destinados à triagem de resíduos recicláveis;
- c) Investigar tecnologias, identificando limitações e possibilidades de adaptações;
- d) Definir os requisitos que o equipamento deve atender junto ao seu público-alvo;
- e) Gerar alternativas para separação de tampas e avaliar a melhor solução de projeto;
- f) Detalhar a solução proposta para fins de fabricação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Todos os anos, 8 milhões de toneladas de resíduos poliméricos chegam aos oceanos, o que equivale a um caminhão de lixo cheio a cada minuto. Os polímeros se degradam lentamente, vazam substâncias químicas nocivas ao meio ambiente, aos animais e as pessoas. Em áreas marinhas, muitos mamíferos, peixes e pássaros sofrem com a ingestão de polímeros ou se emaranham em materiais poliméricos. Mais de 90% de todas as aves e peixes são relatados como tendo partículas de polímeros no estômago. Por todas estas razões, tomar medidas para mitigar os impactos nocivos dos resíduos poliméricos é uma tarefa urgente (BERESFORD et al., 2018).

Entretanto, um material que pode ser constantemente reciclado é uma grande ajuda para a ecologia e a economia, especialmente quando a população humana está crescendo rapidamente e nossas demandas de estilo de vida estão aumentando exponencialmente. A solução não é banir os polímeros, mas garantir que eles sejam usados com responsabilidade e reciclados adequadamente. Se pudermos mostrar às pessoas que os polímeros são preciosos, não serão encontrados resíduos poliméricos em nenhum lugar (SADHGURU, 2018).

Dentro da ampla gama de conceitos e atividades de sustentabilidade, a reciclagem é, sem dúvida, a mais facilmente compreendida e acessível, ela não só desvia materiais potencialmente valiosos de aterros e incineradores, como também compensa a demanda por materiais virgens, ajudando a manter o carbono no solo. A reciclagem alinha o consumo humano com as atividades da natureza (SZAKY, 2016).

Na opinião de Paolo de Filippis, diretor-presidente da Wortex, fabricante de máquinas e equipamentos para a extrusão e reciclagem na cidade de São Paulo, é crescente a preocupação e as iniciativas de vários setores industriais ligados à cadeia dos polímeros em prol da preservação do meio ambiente e estímulo à reciclagem. Ele informa que 13,5% dos resíduos sólidos são compostos de polímeros (pós-consumo), o que equivale a aproximadamente 10,5 milhões de toneladas de lixo, se todo o material polimérico fosse reciclado, R\$ 5,7 bilhões (dados da Serlub - Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana) poderiam retornar para a economia (REVISTA PLÁSTICO SUL, 2018).

Lançado no ano de 2016 no 2º Congresso Brasileiro do Plástico, o Programa Tampinha Legal já destinou R\$ 200 mil para entidades assistenciais e atualmente arrecada três toneladas de tampas poliméricas de embalagens por semana, e o número vem crescendo

constantemente. O presidente do Instituto SustenPlást – idealizador do projeto – Alfredo Schmitt, conta que as tampas já são consideradas as novas moedas de solidariedade (REVISTA PLÁSTICO SUL, 2018). O Tampinha Legal é atualmente o maior Programa sócio ambiental de caráter educativo de iniciativa da indústria do plástico da América Latina, segundo Simara Souza, coordenadora do Programa, os benefícios são mais abrangentes do que aparentam:

Em um primeiro momento o Tampinha Legal pode representar apenas recursos às entidades assistenciais, entretanto para atender seu caráter educativo, apresenta para a sociedade uma nova forma de se relacionar com o material de maneira simples, alegre e motivadora faz com que a sociedade perceba que está lidando com uma matéria-prima nobre, que possui valor de mercado e que sua atitude é determinante para sua valorização. Encontramos neste formato um modo de introduzirmos a economia circular (REVISTA PLÁSTICO SUL, 2018).

Em entrevista para a Gaúcha ZH duas entidades, que aderiram ao Programa desde seu lançamento (2016), revelam que o valor gerado com a venda do material ajuda a pagar despesas como a conta de luz, auxilia em investimentos de manutenção física da instituição, na compra de equipamentos, entre outros, em síntese auxilia na melhora do atendimento as pessoas assistidas pelas instituições (GULARTE, 2018).

Entendeu-se que esta atividade representa um meio efetivo de geração de renda para as instituições que fazem parte do terceiro setor e, ao mesmo, gera um impacto positivo para o meio ambiente, tanto para fins de conscientização quanto na valorização da parcela de material polimérico que chega aos centros de reciclagem. Entretanto, a atividade demanda tempo e esforços por parte das entidades, no que diz respeito ao trabalho de triagem por cor de tampas poliméricas realizado pelas mesmas, quando analisadas com um olhar mais crítico, observa-se uma demanda por tecnologias que auxiliem na realização do trabalho. Tendo isso em vista, soluções de baixo custo mostram-se como uma oportunidade para abordar esta lacuna e carecem ser exploradas.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia de projeto adotada para este trabalho procura se basear nas diretrizes do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos - PRODIP de Back et al. (2008) e como complemento aos autores serão utilizadas ferramentas da metodologia de Platcheck (2012) no que diz respeito a análise de similares, bem como a utilização de ferramentas

referentes ao conceito do produto propostas por Baxter (2000). O projeto será dividido em quatro macro fases, adaptado da metodologia de Back et al. (2008) e terá início com o Planejamento de Projeto (fase I), passando para o Projeto Informacional (fase II), tendo seguimento com o Projeto Conceitual (fase III) e finalizando com o Projeto Preliminar (fase IV). Conforme proposto por Back et al. (2008), cada uma das quatro macro fases que compõem o projeto se desdobram da seguinte forma:

Fase I. Planejamento de Projeto: esta é uma fase estratégica onde são elaborados o escopo do projeto, a descrição da justificativa e as restrições de projeto, abordam-se as características do novo produto, metas e objetivos finalizando com uma revisão bibliográfica acerca do assunto proposto.

Fase II. Projeto Informacional: fase destinada as definições das especificações de projeto de produto. Para tal, busca-se um entendimento das necessidades dos usuários desdobrando-as em requisitos dos usuários, posteriormente, com base nessas informações, são elaborados os requisitos do produto levando em consideração uma série de atributos. Nesta fase, elabora-se ainda as análises de produtos similares envolvendo aspectos funcionais, ergonômicos, estéticos, entre outros.

Fase III. Projeto Conceitual: tem como propósito estabelecer a função global e subfunções do novo produto, inicia-se uma busca por inspiração em aspectos que sintetizam o conceito a ser aplicado no projeto e realiza-se um trabalho de geração de alternativas para solucionar o problema culminando na escolha da mais adequada. São definidos também materiais, processos de fabricação e sistemas a serem utilizados.

Fase IV. Projeto Preliminar: são elaborados testes e validações a partir da alternativa escolhida. Há um refinamento da solução e então são estabelecidos o layout final do produto, o detalhamento de todas as especificações inerentes ao projeto e a prototipagem final.

Para fins de organização foi elaborado o quadro 1, em que é possível observar de forma hierárquica todas as fases mencionadas e seus desdobramentos aos quais serão seguidos durante as etapas do projeto que compreendem o Trabalho de Conclusão de Curso.

Quadro 1. Etapas do projeto.

Etapa 1. Planejamento de Projeto	Etapa 2. Projeto Informacional
<ul style="list-style-type: none"> ● Contextualização ● Objetivos gerais ● Objetivos específicos ● Justificativa ● Metodologia ● Revisão bibliográfica 	<ul style="list-style-type: none"> ● Visitas e questionários ● Levantamento de similares ● Delimitação do público-alvo ● Requisitos dos usuários x Requisitos de projeto ● Priorização dos requisitos de projeto ● Especificações de projeto
Etapa 3. Projeto Conceitual	Etapa 4. Projeto Preliminar
<ul style="list-style-type: none"> ● Conceituação ● Geração de alternativas ● Seleção da alternativa 	<ul style="list-style-type: none"> ● Refinamento da solução ● Testes e validação ● Leiaute final ● Especificações do produto ● Prototipagem

Fonte: Elaborado pela autora.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo a busca por informações inerentes ao tema proposto, desta forma serão abordados tópicos que priorizem um entendimento amplo no que diz respeito à triagem de resíduos recicláveis e às tecnologias mais difundidas para a realização desta atividade. Farão parte também questões referentes à reciclagem de polímeros, bem como dados técnicos das tampas poliméricas de embalagens, já que o material está amplamente ligado do problema de projeto deste trabalho. Ainda, serão apresentadas informações sobre a utilização da plataforma Arduino e os componentes que podem ser agregados a ela, a utilização da fabricação digital no que tange a manufatura de partes do equipamento, e a verificação da existência de possibilidades que envolvam baixo custo para a criação do produto.

2.1 BREVE PANORAMA DA COLETA SELETIVA

A coleta seletiva tem como objetivo recolher resíduos sólidos recicláveis, previamente separados de acordo com sua categoria pelo gerador (que pode ser o cidadão, uma empresa, ou outra instituição), para posterior reciclagem. Conforme dados do CEMPRE (2014) existem três métodos de segregação de resíduos amplamente utilizados: segregação total na fonte (a), segregação em centrais de triagem (b) e por meio da coleta multi seletiva (c) os quais serão descritos a seguir:

a) Segregação total na fonte: a segregação dos resíduos é feita pelo próprio morador que acondiciona os recicláveis separadamente, neste modelo deve-se prever, portanto, um local disponível para armazenamento. Segue-se o modelo de seleção realizando a diferenciação de lixo seco (polímeros, papéis, vidros, metais, longa-vida, pneus, etc.), lixo úmido (resíduos orgânicos, tais como restos de alimentos, cascas de frutas e legumes, etc.) e, eventualmente, outros (rejeitos). A separação na fonte geradora promove inúmeros ganhos que se traduzem em redução de custos associados à triagem, lavagem, secagem, transporte, entre outros, o que constituem as etapas posteriores.

b) Separação em centrais de triagem: realizado em um galpão de triagem sendo que modelo de separação segue o mesmo da segregação total da fonte (a) uma vez que os rejeitos chegam misturados, porém se já segregados pela fonte geradora o trabalho é direcionado de uma forma mais eficiente e é realizada uma segunda separação. A segregação é feita manualmente ou com auxílio de maquinário específico.

c) Coleta multi seletiva: neste caso, é feita a coleta seletiva dos diferentes tipos de materiais recicláveis simultaneamente, mas com separação rigorosa entre todos os tipos já na fonte geradora. Para sua implantação, deve-se levar em conta uma série de aspectos técnicos e econômicos. Entre as barreiras técnicas a serem transpostas, destacam-se a necessidade de veículos coletores especiais, espaço físico para armazenamento dos materiais segregados, maior frequência (dias) de coleta, capacidade de escoamento (venda) de todos os materiais e a necessidade de uma campanha educativa mais detalhada. Este tipo de coleta pode ser interessante para os casos de comunidades que atingiram altos índices de participação ou mesmo para a coleta seletiva específica de determinados tipos de materiais.

Dependendo da estratégia de atuação do serviço de coleta o uso destes métodos pode ou não ter a efetividade esperada. No Brasil, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018) a coleta seletiva tornou-se responsabilidade dos municípios por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos e é operacionalizada de acordo com um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. As formas mais comuns recolhimento se dão através da coleta porta-a-porta e dos pontos de entrega voluntária (PEVs). A coleta porta-a-porta pode ser realizada tanto pelo prestador do serviço público de limpeza e manejo dos resíduos sólidos (público ou privado) quanto por associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis, e apresenta-se como o meio mais usual de coleta. Neste formato caminhões recolhem os resíduos segregados pelo cidadão nas ruas da cidade utilizando uma tabela fixa de horários para isso. Já os PEVs consistem em locais situados estrategicamente próximos de um conjunto de residências ou instituições para entrega dos resíduos segregados e posterior coleta pelo poder público.

Para o CEMPRE (2014), o sucesso da coleta voluntária está diretamente associado aos investimentos em educação – ou sensibilização e conscientização – ambiental da população, que irá variar bastante entre os municípios brasileiros e sugere uma alternativa aos dois modelos: os postos de recebimento ou troca de resíduos, em que sua instalação pode ser feita

em locais afastados dos centros urbanos, servindo inclusive de estações de transferência, possibilitando o depósito dos resíduos sem hora e dia marcados. Uma inovação neste contexto trata-se do aplicativo sem fins lucrativos “Cataki” que conecta cidadãos comuns que querem descartar resíduos e os catadores que estão mais próximos do local da coleta. Pelo aplicativo, é possível ver o perfil dos catadores mais próximos e fazer uma ligação para combinar o horário e local da coleta, bem como o preço do serviço. De acordo com Marcus Goddard, diretor associado do Observatório Netexplo - Paris, “O Cataki representa um uso muito inteligente da tecnologia, com um grande alcance. É um aplicativo muito simples para conectar pessoas, com uma grande relevância social por ser um instrumento de integração entre diferentes classes sociais” (WELLE, 2018).

2.2 MÉTODOS DE TRIAGEM DE RESÍDUOS

Neste tópico serão apresentados dois métodos de separação mais utilizados em centrais de triagem de resíduos recicláveis: triagem manual e triagem automatizada. Serão abordadas algumas particularidades dos métodos visando obter um conhecimento mais abrangente das possibilidades e resultados que se pode obter por meio de sua utilização.

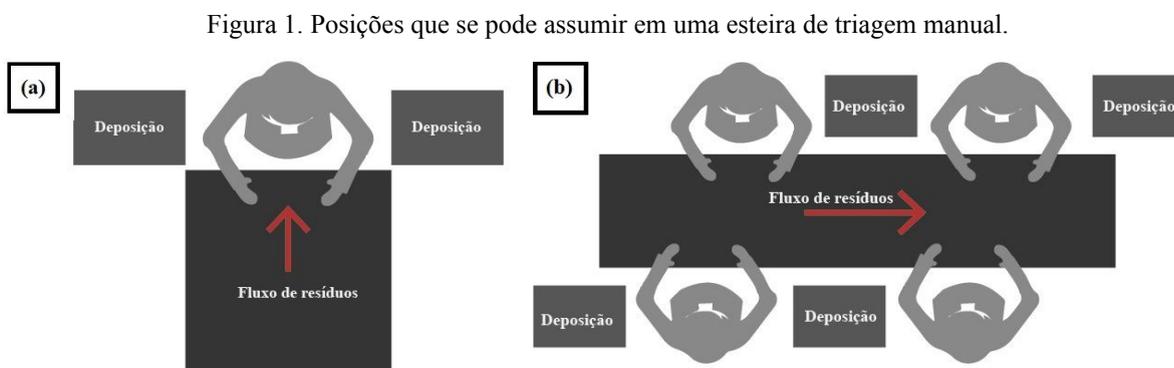
2.2.1 Triagem manual

A separação manual de resíduos é o método que incorpora mais trabalho, a estrutura que é usada trata-se, geralmente, de uma correia deslizante que circula os resíduos, e há trabalhadores, localizados em cada lado da correia, que separam manualmente os elementos desejados dos indesejados. A velocidade de movimento da correia deve permitir que os trabalhadores classifiquem os resíduos com fluidez (SANT’ANNA, 2015).

Conforme Rodrigues (2009), as esteiras de triagem manual, geralmente, são projetadas para que o trabalhador realize a atividade de pé e a mesma pode ser realizada de duas formas: triagem positiva, onde são retirados manualmente os materiais a serem reciclados e deixando os indesejáveis, ou a triagem negativa em que se retira manualmente o indesejado e mantém o que será reciclado.

No método manual, deve-se levar em consideração, ainda, a posição do funcionário em relação esteira de triagem, que podem ser (a) frontal ou (b) lateral (figura 1). A posição

frontal mantém o trabalhador em frente à terminação da esteira e é utilizada apenas para atividade de controle, já que só um trabalhador pode assumir esta posição de cada vez, conseguindo separar no máximo duas categorias de materiais. Já a posição lateral permite que muitos trabalhadores realizem a atividade ao mesmo tempo, porém é necessário prever certa distância para que não haja interferência de uns com os dos outros durante a triagem.



(a) frontal (b) lateral

Fonte: adaptado de RODRIGUES, 2008.

Para este método de triagem de resíduos recicláveis, segundo o Portal de Resíduos Sólidos (2013), pode-se elencar algumas vantagens e desvantagens em termos globais de utilização, como descrito no quadro 2. Como vantagem destaca-se a geração de empregos e baixo investimento inicial para a implementação, como desvantagem a capacidade de segregação dos resíduos é limitada e depende do número de pessoas trabalhando, nesses casos o trabalho é dividido por turnos o que também contribui para a redução da produtividade.

Quadro 2. Vantagens e desvantagens da coleta manual de resíduos recicláveis.

Vantagens	Desvantagens
Faz uso das associações de catadores de lixo.	Capacidade de separação limitada, depende do número de pessoas trabalhando.
Geração de muitas vagas de empregos.	Produção dividida em turnos. Dificilmente se trabalha 24 hs por dia.
Baixo investimento inicial.	Exige capacitação técnica de todos os funcionários.
Melhor distribuição dos lucros com a reciclagem.	Se não houver uma boa administração, a central pode fechar desperdiçando todo o investimento.

Fonte: adaptado de Portal de Resíduos Sólido (2013).

Conforme Souza (2014), as esteiras minimizam os esforços associados aos movimentos abaixa-levanta presentes em processo de triagem manual sem nenhuma automatização, contudo a base do trabalho configura-se a mesma na qual a manipulação, identificação e separação dos resíduos recicláveis são realizadas por meio do trabalho humano. Neste contexto, de acordo com a Associação Brasileira de Resíduos Sólidos - ABLP (2014), uma das discussões que vem à tona, quando se debate a automação dos processos de reciclagem, diz respeito à perda de postos de trabalho.

Em matéria para a 86ª edição da Revista Limpeza Pública a ABLP reuniu a opinião de vários nomes influentes na indústria da reciclagem colocando a automação em pauta. Para Eric Pinilla, representante da Vauché na América Latina, a mecanização dos processos busca a evolução do tratamento “artesanal” para o “industrializado” e “além de manter o emprego atual, cria novos, melhorando as condições de trabalho, a tecnologia associa a ação mecânica e humana, as máquinas são necessárias para extrair e preparar a quantidade de materiais, e o homem para controlar a qualidade da triagem”.

Etimo Ferreira da Pellenc, acrescenta que “nenhuma central no mundo vai ser 100% automatizada, sempre haverá participação dos catadores, que são de plena importância no processo, para ele, a mecanização permite a profissionalização desses trabalhadores. E Wilhelm Stadler conclui que “é basicamente uma união de automação e geração de emprego, com o benefício de que essas pessoas terão um local de trabalho muito mais confortável e humano” (ABLP, 2014).

Em vista disso, o item 2.2.2 que segue procura abordar as tecnologias mais utilizadas na automatização dos processo de reciclagem elencando os principais métodos para tal.

2.2.2 Triagem automatizada

De acordo com Sant’anna (2015), a implementação de processos e sistemas automatizados aumenta a qualidade do trabalho e os resultados exigindo um menor esforço humano. Desta forma, os sistemas automatizados de triagem podem ser classificados em dois métodos distintos: separação por sensores (a) e separação robótica (b) como segue a descrição dos métodos:

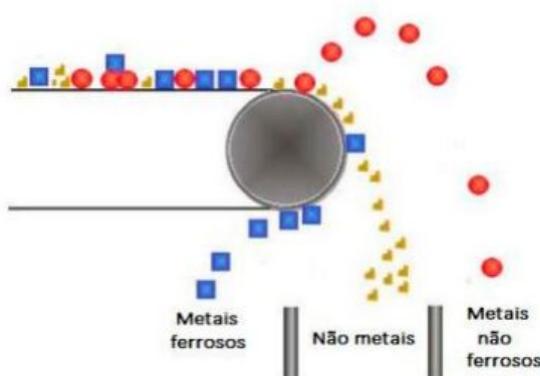
a) Separação por sensores: este método possibilita uma classificação mais específica, pois permite identificar cores, texturas, formas e materiais de composição dos elementos. O resíduo é analisado por um scanner, que identifica as partes desejadas e as separa das demais.

b) Separação robótica: as máquinas possuem um nível de especificidade e eficiência que facilitam a classificação de resíduos e geram resultados muito bons. O maquinário deste sistema possui sensores através dos quais promove o fluxo de resíduos contínuo e, através de um software, analisa as informações liberadas desses sensores. Após a identificação dos elementos, o robô transfere-os para tanques separados dos demais. Em se tratando de soluções tecnológicas, nas quais são utilizados os princípios dos métodos citados, as empresas que lidam com a triagem de resíduos, segundo Capel (2008) utilizam pelo menos um desses cinco equipamentos:

1) Separadores de canaletas / telas de tambor: a separação ocorre de acordo com o tamanho das partículas. O resíduo é alimentado em um grande tambor rotativo que é perfurado com furos de tamanho definido, desta forma, materiais menores que o diâmetro dos furos caem e as partículas maiores permanecem no tambor.

2) Separador de corrente de Foucault: este método é utilizado especificamente para a separação de metais. Trata-se de uma corrente “parasita” e ocorre quando um condutor é exposto a um campo magnético variável, ou seja, dividem-se eletromagneticamente metais ferrosos de não ferrosos. O esquema de funcionamento pode ser observado na figura 2.

Figura 2. Esquema de funcionamento do sistema de triagem por corrente Foucault.

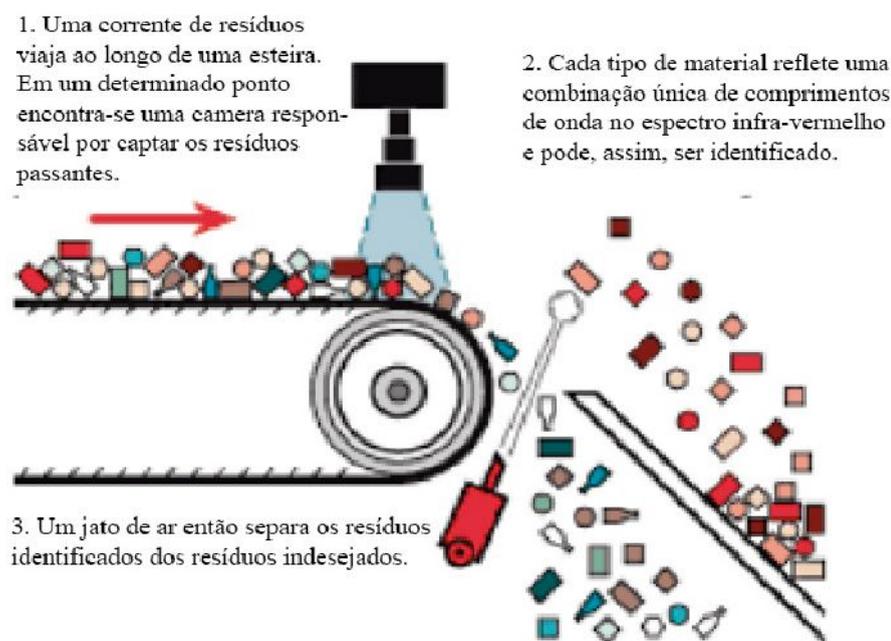


Fonte: Dima (2015).

3) Triagem por indução: o material é enviado ao longo de uma correia transportadora com uma série de sensores que encontram-se abaixo da mesma, os sensores identificam diferentes tipos de metal, que são separados por um sistema de jatos de ar rápido ligado aos sensores.

4) Sensor infravermelho próximo (NIR): Também chamado de espectroscopia, este sistema com sensor NIR pode distinguir entre diferentes materiais com base na maneira como eles refletem a luz. Segundo Capel (2008), o desenvolvimento dos primeiros sistemas de separação de resíduos com base em infravermelho teve início nos anos 90 e explica: itens de papel e polímeros são espalhados em uma correia transportadora em uma única camada, quando iluminados por uma lâmpada de halogênio, cada tipo de material reflete uma combinação única de comprimentos de onda no espectro infravermelho que pode ser identificado. Analisando os dados do sensor que detecta a luz no espectro visível e no infravermelho próximo, um computador é capaz de determinar cor, tipo, forma e posição de cada item. Vários tipos de papel, polímeros ou suas combinações podem ser classificados com uma precisão de até 98%. Na sequência, jatos de ar são ativados para empurrar itens específicos de uma esteira para outra. A figura 3 ilustra e apresenta os passos do funcionamento.

Figura 3. Espectroscopia: sistema em funcionamento.



Fonte: Adaptado de Jacquot (2007).

5) Tecnologia de raios x: os raios x podem ser usados para distinguir entre diferentes tipos de resíduos com base em sua densidade.

Para o método de triagem automatizada também é possível elencar vantagens e desvantagens de utilização, assim como proposto por Portal de Resíduos Sólidos (2013) seguem os pontos a serem destacados (quadro 3). Uma diferença em potencial em relação à triagem manual, é que neste método a produção pode chegar às 24h por dia, contudo requer alto investimento inicial para a implantação.

Quadro 3. Vantagens e desvantagens da coleta automatizada de resíduos recicláveis.

Vantagens	Desvantagens
Produção 24 hs por dia se necessário.	Diminui consideravelmente a quantidade de funcionários necessários.
Alta qualidade dos produtos separados.	Geração de riqueza mais concentrada.
Produtos mais fáceis de vender devido a melhor qualidade.	Exige um alto investimento inicial.
Processo confiável permitindo exportar volumes dando garantias mínimas de quantidades a serem fornecidas.	Menor geração de emprego.

Fonte: adaptado de PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (2013).

2.3 RECICLAGEM DE POLÍMEROS

O encaminhamento à reciclagem de fato é a etapa final na qual os resíduos passam antes de voltarem à cadeia de produção e culminarem em um novo produto. Nessa etapa, entretanto, o processo de reciclagem na qual o polímero irá se sujeitar pode variar, pois existem três tipos de reciclagem de polímeros: a mecânica, energética e a química (MUNDO PLÁSTICO, 2017).

A reciclagem mecânica é a mais amplamente utilizada, assim que os resíduos plásticos chegam à unidade recicladora são fragmentados, em seguida passam por um processo de lavagem e separação, posteriormente é feita a secagem dos fragmentos e, por último, realiza-se a extrusão (MOVIMENTO PLÁSTICO TRANSFORMA, 2016).

Já o processo de reciclagem energética aproveita o alto poder calorífico contido nos polímeros para transformá-lo em energia. Após a triagem dos resíduos, na qual são retirados

os elementos que podem ser reciclados mecanicamente e o que sobra desta separação segue para a reciclagem energética, os resíduos são queimados em um forno industrial, em temperaturas em torno de 1.000° C. Os gases quentes são aspirados para uma caldeira de recuperação, onde é produzido vapor. É este vapor que aciona o gerador de energia térmica ou elétrica, dependendo da tecnologia usada. Os polímeros são fundamentais no processo da reciclagem energética. Um quilo de polímero tem o poder calorífico equivalente ao de um litro de óleo diesel. São os produtos poliméricos presentes no lixo urbano – os sacos e sacolas que embalam o lixo de sua casa, por exemplo -, que irão servir de combustível para que o processo de reciclagem energética ocorra com eficiência. A sobra de toda a queima, que gira em torno de 8% do volume queimado, é utilizada na fabricação de material de construção, como telhas e tijolos (PLASTIVIDA, 2018).

O processo de reciclagem química, por sua vez, altera para dar vida a novos itens que podem ser totalmente novos ou idênticos ao produto original. A ideia é impedir que materiais que não se decompõem naturalmente sejam jogados na natureza e causem danos à fauna, flora e aos rios. A reciclagem química consiste, basicamente, na quebra de polímeros para que eles voltem a ser monômeros e se transformem em outros tipos de produtos a partir de sua manipulação. Em geral, o polímero que será reciclado é dissolvido por solventes ou por meio de calor. Ao recuperar componentes químicos individuais, a reciclagem química também forma novos produtos a partir de misturas de componentes utilizando-se de diferentes processos de transformação: hidrogenação, gaseificação, pirólise e quimólise (FRAMAQ, 2017).

2.3.1 Simbologia de caracterização dos materiais

A categoria dos polímeros abrange uma simbologia de acordo com a NBR 16182:2013 na qual classifica sua origem, sendo designados com o símbolo mundial da reciclagem e numerados de um a seis abrangendo o Politereftalato de Etileno (PET), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Policloreto de Vinila, (PVC), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), e o sétimo abrangendo a categoria outros. Esta simbologia (figura 4) é de grande valia tanto para que o consumidor saiba que tipo de material é feito o produto ou embalagem que está consumindo, quanto para que se possa realizar a correta segregação do material em estado de pós-consumo.

Figura 4: Simbologia de orientação e descarte seletivo de polímeros.



Fonte: adaptado de ABRE (2013).

2.3.2 Condições para a reciclagem

De acordo com Roda (2011) muitas vezes, os resíduos chegam até o reciclador numa mistura de diversos tipos de polímeros, gerando um granulado muito rígido caso esta contaminação não seja eliminada antes da extrusão ou que o espaguete estoure com frequência neste processo. Neste contexto, conforme CEMPRE (2014) a maior dificuldade para a reciclagem dos polímeros, considerando aspectos técnicos e econômicos, é a necessidade de haver separação entre tipos. Raras são as indústrias recicladoras de plásticos brasileiras que operam com os diferentes tipos simultaneamente.

Mazzucco (2008) aponta que a técnica de separação por seleção com base nas densidades é a mais intensamente utilizada na reciclagem mecânica de resíduos, devido a sua eficácia, facilidade de aplicação e baixo custo operacional. De modo geral as empresas de reciclagem de polímeros fazem a separação por diferença de densidade utilizando tanques com água e/ou soluções alcoólicas ou salinas.

Especificamente para o PEAD, PEBD, PP e PEBDL, utiliza-se esta técnica, uma vez que estes são menos densos que a água pura, ao contrário dos demais, tornando baixo o custo do processo. Porém, se houver uma quantidade significativa de PEBD, PEAD e PEBDL (Polietileno de Baixa Densidade Linear) e for necessário separá-los, o custo pode aumentar bastante e sua viabilidade deve ser cuidadosamente avaliada. Se o PP estiver presente na mistura citada, numa quantidade em peso acima de 5%, ele precisa ser separado sob pena de prejudicar sensivelmente a qualidade do produto final (reciclado). Isto se deve ao fato de o PP ser incompatível tecnicamente com PEAD, PEBD e PEBDL (CEMPRE, 2014).

2.4 AS TAMPAS DE EMBALAGENS

O Polietileno de Alta Densidade - PEAD (quadro 4) é utilizado na fabricação de tampas de embalagens entre outras aplicações, por possuir características nas quais se adaptam aos mais variados usos, tais como, de acordo com Lima (2006), alta cristalinidade, atoxicidade, fácil pigmentação e processamento e, ainda, apresenta baixo custo. Das propriedades genéricas é possível salientar que é um material mecanicamente superior ao PEBD embora apresente menor resistência ao impacto e permeabilidade a gases. Possui excelentes propriedades químicas pouca resistência à tração. Os processos mais indicados para este tipo de polímero são extrusão, sopro, injeção e rotomoldagem.

Quadro 4. Polietileno de Alta Densidade - PEAD.

Polietileno de alta densidade (PEAD)	
Código ABNT NBR 13230	
Polímero	$-(CH_2 - CH_2)_n$
Propriedades	Cristalinidade até 95% , Tg: $-120^{\circ}C$, T_m : $135^{\circ}C$
Cor	Branco opaco
Densidade	0,94-0,97 g/cm ³ , flutua na água
Observações	Material termoplástico, propriedades mecânicas moderadas, resistência química excelente

Fonte: Adaptado de Mano e Mendes (2004).

Ainda, segundo Lima (2006), outro polímero utilizado para a mesma finalidade é o Polipropileno - PP (quadro 5) material semicristalino que possui propriedades físicas e químicas semelhantes ao PEAD acrescido da possibilidade de obtenção de brilho. Adiciona-se às propriedades gerais, menor resistência ao impacto e maior resistência térmica e a flexão prolongada, isto é possui maior capacidade de retornar a geometria original após eliminação de um esforço. Apresenta pouca rigidez, estabilidade dimensional e resistência ao riscamento. Os processos indicados também são os mesmos do PEAD, porém pode-se ainda utilizar termoformagem.

Quadro 5. Polipropileno - PP.

Polipropileno (PP)	
Código ABNT NBR 13230	
Polímero	$-(H_2C-CH_2-CH_2)_n$
Propriedades	Cristalinidade até 60-70% , Tg: 4-12°C, Tm: 165-175°C
Cor	Branco opaco
Densidade	0,89-0,91 g/cm ³ , flutua na água
Observações	Material termoplástico, propriedades mecânicas moderadas, resistência química excelente

Fonte: Adaptado de MANO E MENDES, 2004.

A Closure Systems International - CSI é uma empresa especializada na produção de tampas poliméricas que atende internacionalmente uma vasta gama de clientes, produz tampas poliméricas para vários tipos de líquidos envasados em garrafas PET entre outros. A empresa possui um catálogo com todos os tipos de tampas que fabricam, desta forma, de acordo com as informações disponíveis, foi elaborado um quadro contendo o modelo e diâmetro da tampa, a aplicação a qual se destina, o seu peso aproximado e o tipo de polímero utilizado como pode ser observado no apêndice A. Ainda nos catálogos de fabricantes de tampas poliméricas para embalagens é possível verificar uma vasta gama de tonalidades de cores, porém, para fins de simplificação buscou-se um padrão que pudesse ser reconhecido em um número significativo de embalagens (quadro 6).

Quadro 6. Cores mais utilizadas em tampas poliméricas.

Fabricante SKS	Fabricante Henriplast
	
Referência: https://www.sks-bottle.com/340c/fin176c.html	Referência: http://www.henriplast.com.br/upload/catalogo/CATALOGO-HENRIPLAST.PDF

Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com o fabricante SKS é possível perceber a utilização de cores: azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, além de preto e branco. Já o fabricante Henriplast trás tonalidades em rosa, e tons de azul e lilás.

2.5 PLATAFORMA ARDUINO

O Arduino é uma plataforma eletrônica open-source, de baixo custo, baseada em hardware e software fáceis de usar, destinado a qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos (ARDUINO, 2018). Os Arduinos são microcontroladores capazes de interpretar entradas e controlar as saídas a fim de criar sistemas automáticos. Para obter essa funcionalidade é necessário programá-lo, isto é, escrever um código que segue uma sequência lógica de tomada de decisões que leva em conta as variáveis que serão lidas e/ou controladas (MOTA, 2017). A placa é composta por um microcontrolador Atmel®, circuitos de entrada/saída e que pode ser facilmente conectada a um computador e programada via IDE (Integrated Development Environment) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB (THOMSEN, 2014).

Existem muitos modelos diferentes de placas: UNO (figura 5), NANO, MEGA, Lilypad, Pro micro, Pro mini, entre outros, porém é possível dizer que as placas da família Arduino possuem quatro partes principais, são elas: microcontrolador, alimentação, interface de programação e interface com o usuário, o que muda de um modelo para o outro são justamente essas partes e dominar isso é essencial para escolher o modelo ideal para determinado projeto (NASCIMENTO, 2017).

Figura 5. Placa Arduino modelo UNO.



Fonte: retirado de NASCIMENTO (2017).

Ele pode funcionar através da sua própria interface ou interagir com outros aplicativos instalados no computador. Isto permite que o desenvolvedor crie tanto gadgets simples como robustos (OPSERVICES, 2015). No anexo 1 deste trabalho é possível observar uma tabela que elenca as principais diferenças entre os modelos de placas.

O Arduíno é dotado de acessórios inteligentes, denominados *shields*, que ampliam suas funcionalidades de acordo com a demanda de cada projeto: você pode instalar shields que acrescentem a funcionalidade de GPS, ou de conexão à rede local, por exemplo (CAMPOS, 2014). E conta com uma vasta quantidade de sensores e componentes, no que diz respeito a sensores de captação de cores encontrou-se dois modelos (a) e (b) segundo Thomsen (2014), os quais serão apresentados a seguir:

a) Sensor de cor TCS3200: o sensor (quadro 7) detecta a cor dos objetos de forma rápida e precisa, reconhece níveis de luz RGB (Red, Green e Blue) e envia esses dados para o Arduino, os leds brancos em torno do sensor servem para aperfeiçoar a leitura, e podem ser desligados se necessário (FILIPEFLOP, 2018A).

Quadro 7. Informações técnicas do sensor de cor TCS3200.

	Tensão de operação 3 a 5 V
	Melhor distância de detecção 10 mm
	Dimensões 33 x 33 x 25 mm
	Preço R\$ 49,90

Fonte: Adaptado de FILIPEFLOP (2018A).

b) Sensor de Cor RGB TCS34725 com Filtro IR: este sensor (quadro 8) reconhece as cores de forma rápida e eficaz. Baseado no chip TCS34725, este sensor possui sensores de luz RGB (Red, Green, Blue) que em conjunto com o filtro IR minimizam a influência externa, deixando assim uma medição muito mais fiel (FILIPEFLOP, 2018B).

Quadro 8. Informações técnicas do sensor de cor RGB TCS34725 com Filtro IR.

	Tensão de operação
	3 a 5 V
	Peso
	4 g
	Dimensões
	21 x 21 mm
	Preço
	R\$ 49,90

Fonte: Adaptado de FILIPEFLOP (2018 B).

2.6 FABRICAÇÃO DIGITAL

Conforme Igoe e Mota (2011), a fabricação digital pode ser definida como um novo tipo de indústria que utiliza ferramentas e processos controlados por comandos numéricos computadorizados para transformar, diretamente, projetos digitais em produtos físicos. Incluindo todas as tecnologias que utilizam métodos de deposição ou extração de materiais para o desenvolvimento de estruturas de duas ou três dimensões, padrões ou produtos.

Da relação entre digital design, fabricação assistida por computador e novos materiais surge a de produção de objetos com máximo controle de suas propriedades físicas e geométricas, e de uma produção "massificada e customizada". Destacam-se a precisão, a rapidez, a qualidade de acabamentos e a relação entre projeto e execução, aproximando o designer ao processo de fabricação. O desenho já é o projeto, e o mesmo desenho pode ser construído com a informação que leva consigo (ORCIUOLI, 2009).

Seely (2004) aponta os dois sistemas em que operam os equipamentos de fabricação digital, os sistemas aditivos e subtrativos. Onde, os sistemas aditivos consistem em solidificar ou depositar o material em camadas realizando formas tridimensionais complexas. Já os sistemas subtrativos consistem em extrair matéria prima executando operações de corte e/ou rebaixo, esses processos variam em função do tipo de material e escala de trabalho adotada.

Conforme Eychenne (2017) houve uma difusão dessas tecnologias, hoje existem muitos softwares de modelagem 3D, design, desenho livre e ou grátis, e o conjunto dessas ferramentas digitais, unidas ao poder de um notebook de baixo custo são suficiente para trabalharmos em nossas ideias. Neste contexto, os makerspaces fornecem acesso a máquinas

CNC como impressoras 3D e cortadora a laser para a produção dos primeiros protótipos e também fazem uso do conhecimento das comunidades e membros destes espaços. A impressão 3D é uma solução perfeita para robótica e automação, pois oferece as possibilidades de criar, testar e melhorar protótipos de forma rápida e eficiente, mantendo todo o processo de desenvolvimento internamente (ZORTRAX, 2015). Para desenvolver um produto de baixo custo produzido em pequena escala, essas tecnologias de fabricação digital são exploradas, aliadas ao uso da plataforma Arduino.

3 PROJETO INFORMACIONAL

Neste tópico serão apresentadas as informações adquiridas nas duas visitas que foram realizadas nesta etapa, o objeto de estudo deste trabalho e os resultados das entrevistas e questionários aplicados. Serão apresentados ainda a delimitação do público-alvo, a elicitação das necessidades e requisitos do usuário culminando nos requisitos de projeto e às especificações de projeto.

3.1 OBJETO DE ESTUDO: PROGRAMA TAMPINHA LEGAL

O Tampinha Legal trata-se de uma ação socioambiental de caráter educacional, uma iniciativa dos três sindicatos do setor do plástico (Sinplast, Simplás e Simplavi) lançada pelo 2º Congresso Brasileiro de Plástico (CBP) em outubro de 2016. O Programa tem como principal função prestar consultoria e assessoria à ONGs através da promoção de uma campanha permanente de recolhimento de tampas poliméricas em situação de pós-consumo, promovendo a destinação adequada do resíduo e designando integralmente os recursos financeiros obtidos com a venda do material as ONGs e entidades assistenciais credenciadas.

As organizações que participam do Programa não são oneradas com taxas de inscrição, manutenção e/ou mensalidades e o valor arrecadado por cada unidade é direcionado a promoção de investimentos. O intermédio entre recicladores e entidades promovido pelo Programa proporciona uma valorização de mercado para o material (polímero) e garante maior compromisso entre comprador (reciclador) e vendedor (entidades).

O Programa atua em 150 cidades do Rio Grande do Sul, onde dispõe de mais de quinhentos pontos de coleta localizados em escolas, universidades, hospitais, entre outros e totaliza 42 entidades assistenciais cadastradas. Promove também parcerias nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. De acordo com dados oficiais do site do Programa, em um ano de existência foram arrecadadas cerca de 20 toneladas de tampas poliméricas que se traduziram em aproximadamente quarenta mil reais as entidades assistenciais participantes (TAMPINHA LEGAL, 2018). O Tampinha Legal conta com o apoio institucional do Instituto Plastivida e patrocínio da Braskem e muitas outras empresas mantenedoras que apoiam o Programa e promovem campanhas e ações que enfatizam a importância do material polimérico no dia a dia e na atenção aos quesitos socioambientais.

Palestras educativas, participação em eventos e coleta de tampas plásticas em locais públicos são algumas atividades regularmente promovidas pelo Programa. Das ações promovidas, destaca-se o MOVA – Oficina Solidária do Tampinha Legal, projeto paralelo que ensina à comunidade a confeccionar andadores infantis de praia utilizando canos de PVC, oportunizando que crianças com deficiência locomovam-se até o mar.

A participação no Tampinha Legal é aberta à comunidade, que pode ajudar arrecadando qualquer tipo de tampa polimérica como: tampas de refrigerante, material de limpeza, embalagens de produtos de higiene pessoal ou de produtos alimentícios, etc. Para que as tampas cheguem até as entidades o material deve ser conduzido até um dos pontos de coleta espalhados pela cidade. As entidades assistenciais promovem suas próprias campanhas vinculadas ao Programa com o intuito de arrecadar constantemente um número expressivo de tampas, desta forma, muitas delas recebem doações do material através da comunidade diretamente em suas sedes.

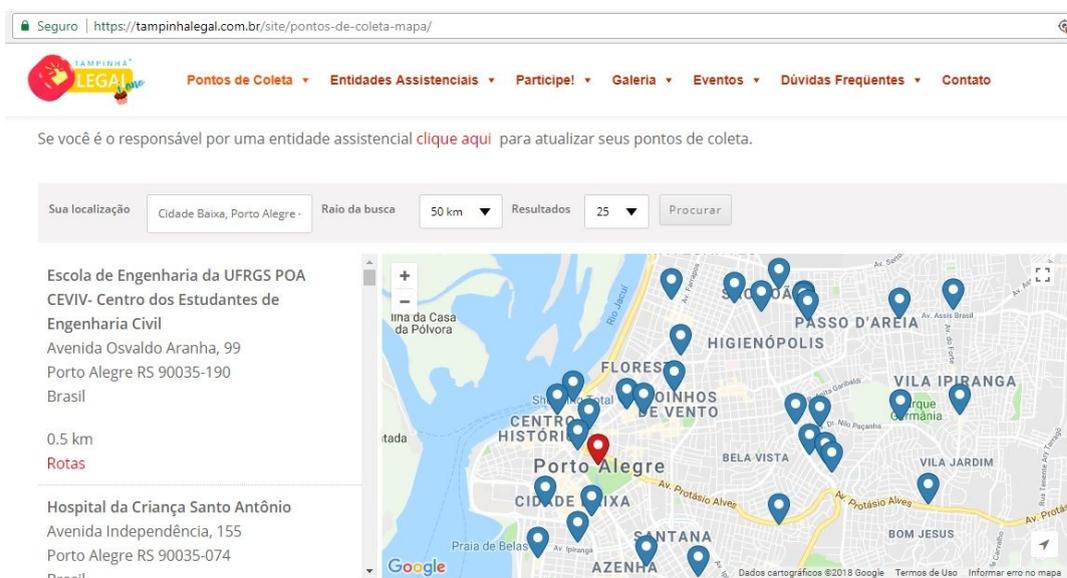
3.2 VISITA 1: DEPÓSITO DO TAMPINHA LEGAL

A visita ao depósito do Tampinha Legal, situado junto a Fundação Gaúcha dos Bancos Sociais na cidade de Porto Alegre, teve como finalidade o entendimento do fluxo de trabalho do Programa, bem como a observação do processo de entrega do material coletado pelas entidades ao reciclador. Na ocasião ainda foi possível coletar alguns depoimentos de representantes de algumas entidades assistenciais e da coordenação do Programa.

3.2.1 Fluxo de Trabalho do Tampinha Legal

O Tampinha Legal promove um fluxo que envolve a comunidade, instituições parceiras, unidades assistenciais e empresas de reciclagem. Ele ocorre da seguinte forma: a comunidade conhece o Tampinha Legal e arrecada tampas poliméricas em situação de pós-consumo para, posteriormente, depositá-las em um dos pontos de coleta. No site do Programa é possível localizar o ponto mais próximo para destinar as tampas arrecadadas. A figura 6 simula uma busca de pontos de coleta no site referenciando o bairro Cidade Baixa em Porto Alegre.

Figura 6. Simulação de busca de pontos de coleta do Tampinha Legal em Porto Alegre.



Fonte: Tampinha Legal (2018).

As instituições que auxiliam como pontos de coleta podem aliar-se ao Programa através de um cadastro. Cadastradas elas ficam responsáveis por arrecadar as tampas para uma ou mais entidades assistenciais específicas das quais firmaram parceria.

Muitas instituições atuam como ponto de coleta. Nas dependências da Trensurb, de acordo com dados da Trensurb (2018), em noventa dias de participação no Programa foram arrecadadas duas toneladas de tampas para as entidades assistenciais. Na empresa, os pontos de coleta estão espalhados em todas as estações, além da estação do aeromóvel junto ao aeroporto Salgado Filho.

Uma vez nos pontos de coleta, as entidades assistenciais podem buscar as tampas e levar para sua unidade para então realizar o trabalho de separação por cores. Porém, além disso, é necessário promover a retirada de itens que, eventualmente, podem estar agregados às tampas como partes metálicas.

Segundo relatos de participantes do Programa, é necessário entregar o material limpo, não há necessidade de utilizar sabão ou escovar, mas é necessário retirar resíduos que possam interferir no processo de reciclagem. As entidades ficam responsáveis também por transportar e entregar as tampas separadas por cor, identificadas com o nome da entidade e ensacadas individualmente em sacos de hortifrúti de aproximadamente 6 kg até o depósito do Tampinha Legal. A figura 7 mostra as tampas ensacadas prontas para a entrega.

Figura 7. Tampas ensacadas, separadas por cor e identificadas.



Fonte: a autora.

A entrega pode ser feita toda a semana e não é preciso ter uma quantidade mínima para isso, porém é necessário um agendamento prévio por parte das entidades, para que o Tampinha Legal possa se organizar. O agendamento é feito pelo site onde a entidade verifica a disponibilidade de recebimento e marca dia e hora para a entrega. No depósito os sacos são pesados pelo Tampinha Legal (Figura 8) e armazenados e/ou entregues no ato diretamente ao reciclador. O peso de cada saco é registrado em um aplicativo criado pelo Programa para que haja maior controle de entregas.

Figura 8. Pesagem das tampas ensacadas e armazenamento de dados.



Fonte: a autora.

O reciclador, por sua vez, fica responsável por recolher os sacos de tampas no depósito do Tampinha Legal (Figura 9) e depositar o dinheiro referente a compra do material diretamente para a conta das entidades a cada vez que recebe o material.

Figura 9. Caminhão da empresa de reciclagem fazendo a coleta das tampas ensacadas.



Fonte: a autora.

Diante das informações coletadas foi elaborado o quadro 9, com o intuito de organizar os dados e obter melhor entendimento da cadeia de envolvidos e suas funções no processo.

Quadro 9. Cadeia de envolvidos no Programa Tampinha Legal.

Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> ● Coleta as tampinhas. ● Deposita no ponto de coleta mais próximo ou entrega na sede das entidades participantes.
Pontos de coleta	<ul style="list-style-type: none"> ● Faz cadastro no Programa. ● Escolhe a entidade que irá auxiliar. ● Arrecada as tampinhas para a entidade.
Tampinha legal	<ul style="list-style-type: none"> ● Cadastra as entidades e os pontos de coleta no Programa. ● Faz contato com a empresa recicladora. ● Atualiza no site a disponibilidade de espaço para recebimento das tampinhas pelas entidades. ● Realiza a pesagem individual de cada um dos sacos de tampinhas trazidas por cada entidade, armazena e controla adequadamente esses dados.

(Continua)

(Continuação)

<p>Entidades assistenciais</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Faz cadastro no Programa. ● Recolhe as tampinhas nos pontos de coleta parceiros e recebe tampinhas da comunidade diretamente na instituição. ● Realiza a separação manual das tampinhas por cor (trabalho feito por voluntários e integrantes da instituição), higienização do material e dissociação de outros materiais. ● Verifica pelo site a disponibilidade espaço para a arrecadação de tampinhas no depósito do Tampinha Legal. ● Transporta as tampinhas distribuídas em sacos de 8 kg (aprox.) separados por cor até o depósito do Tampinha Legal (Fundação Gaúcha dos Bancos Sociais). ● Com o dinheiro da venda do material promove investimentos à comunidade assistida na unidade.
<p>Unidade recicladora</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Recolhe o material arrecadado pelas entidades no depósito do Tampinha Legal (Fundação Gaúcha dos Bancos Sociais) para posterior reciclagem. ● Colhe os dados da pesagem. ● Deposita o dinheiro diretamente para a conta das entidades.

Fonte: elaborado pela autora.

3.2.2 Relatos e depoimentos

Representantes de uma das entidades cadastradas no Tampinha Legal, estavam presentes no dia da entrega ao reciclador na Fundação Gaúcha dos Bancos Sociais, onde delineou-se a oportunidade de uma conversa sobre o Programa. As duas representantes foram questionadas sobre como se dava o processo de separação de tampas em sua entidade e relataram que ao mudarem a estratégia, a separação tornou-se mais rápida. Segundo elas, antes as tampas eram coletadas, armazenadas em um depósito e posteriormente separadas. Isso dificultava um pouco a logística por que o volume de tampas se acumulava. Hoje, ao chegar um galão d'água de cinco litros com tampas em seu interior a separação é feita no ato, o que acelera o processo. Disseram que também são feitos mutirões com treze voluntários duas vezes por semana na sede para ajudar na separação. Geralmente a entidade acumula em torno de noventa sacos para fazer uma entrega ao reciclador. De acordo com uma das representantes, isso ajuda a economizar gasolina, pois realizam a entrega apenas quando reúnem um volume considerável de tampas segregadas. Sobre o local onde é feita a separação, a instituição possui uma sala pequena destinada à atividade, a representante relatou que: “durante os mutirões os voluntários separam em qualquer lugar da sala, onde tiver espaço, até mesmo no chão”. Quando questionadas sobre quanto tempo uma pessoa leva para

separar uma quantidade específica de tampas elas disseram que para separar o conteúdo de um galão d'água de vinte litros acreditam que se leva em torno de uma hora. Um das representantes acrescentou também que quando é necessário lavar as tampas o processo é feito em uma bacia somente com água.

Um funcionário do Tampinha Legal, que no momento da visita auxiliava nas atividades inerentes a pesagem das tampas ensacadas, também participou da entrevista. Em conversa livre acerca do Programa, relatou que: “A importância da separação das tampas está no aumento do valor agregado ao material em relação ao valor pago pelos recicladores, a separação trata-se também de uma triagem do material”. O que, segundo ele, não é uma situação comumente encontrada pelos recicladores e torna-se um dos pontos que diferencia o trabalho do Tampinha Legal. Quando questionado sobre qual era a sua visão em relação a melhoramentos no processo de separação de tampas, ele disse: “Uma solução para a separação das tampas poderia auxiliar os voluntários das entidades que assistem as pessoas com baixa visão”. Para essas entidades a participação no Programa pode ser dificultada ou, até mesmo, impossibilitada. Ainda em conversa aberta, sobre o processo de separação de tampas de forma geral, a coordenadora do Programa contribuiu e declarou:

Acredito que o caminho está em criar melhores condições para as entidades realizarem o trabalho. Algumas instituições, que são mais engajadas na causa, recolhem um número enorme de tampas e a separação torna-se um problema, pois elas devem mobilizar um grande número de pessoas para realizar a separação (coordenação do Programa Tampinha Legal).

3.3 VISITA 2: ENTIDADE ASSISTENCIAL

Saída de campo realizada com o intuito de levantar dados e observar como é realizado o processo de separação de tampas por parte das entidades cadastradas no Tampinha Legal. Foram gravados vídeos e a descrição dos áudios foi feita posteriormente para que, em determinados momentos, fosse possível obter os depoimentos na íntegra. Os diálogos durante visita seguiram em tom de conversa buscando refletir a normalidade de um dia de trabalho.

A entidade assistencial visitada trata-se de uma instituição filantrópica que presta assistência gratuita a crianças e adolescentes com deficiências físicas múltiplas promovendo habilitação e reabilitação, proporcionando-lhes tratamento adequado e educação, objetivando melhor qualidade de vida e capacitando-os como cidadãos. A instituição é mantida

basicamente através de doações de pessoas físicas e jurídicas, convênios e parcerias com organizações público-privadas, trabalho voluntário, eventos e campanhas promocionais. Este local foi escolhido para a visita exploratória, pois a instituição mostrou-se solícita em colaborar para a pesquisa deste projeto.

3.3.1 Organização da entidade enquanto participante do Programa

Foi relatado que o saguão de entrada da instituição, logo no início da adesão ao Programa, servia como local de separação de tampas. As mães das crianças da entidade, voluntariamente, ajudavam na separação enquanto esperavam os filhos. Porém, como o volume de tampas aumentou o espaço do saguão não comporta mais a atividade. Desta forma, desde então, a maior parte das tampas que chegam à instituição fica armazenadas em um depósito localizado fora da zona de aulas e atendimentos onde, oficialmente, são separadas.

Com a mudança de localização do estoque de tampas, muitas mães pararam de auxiliar na separação, pois a qualquer hora podem ser solicitadas pelos filhos e devem estar próximas a eles. Porém, existe uma sala perto do saguão de entrada, que teve as atividades descontinuadas e encontra-se em desuso, na qual a instituição tem planos de reformar objetivando a criação de um novo espaço para realizar a atividade de triagem.

Além do depósito oficial, outras salas da instituição também servem como depósitos menores em que voluntários da instituição, quando em tempo livre, utilizam para ajudar. Como exemplo, um lavatório desativado (figura 10).

Na imagem é possível observar a existência de vários galões de cinco litros d'água contendo tampas, umas já separadas por cores e outras ainda misturadas. Comumente, as tampas chegam à instituição em galões de cinco litros e em torno de 30% do que é recebido diretamente na sede, já vem separado por cores, conforme relatos da pessoa responsável pela condução do Programa na instituição.

No local onde são oficialmente separadas e armazenadas as tampas foi possível observar o espaço físico destinado à tarefa e as condições de trabalho. O depósito da sede da instituição possui duas salas, uma onde o trabalho acontece efetivamente e outra onde são armazenadas as tampas ensacadas que esperam a data de entrega. Porém, como o volume de tampas recebido é grande, às vezes, é necessário utilizar o lado de fora para armazenamento.

Figura 10. Lavatório desativado serve como depósito para tampas.



Fonte: a autora.

A figura 11 mostra a entrada do local e uma enorme pilha de tampas envolvidas em galões d'água. As tampas que aparecem na figura já estão separadas por cores e esperam o próximo processo, isto é, a transferência para os sacos definitivos para posterior entrega ao reciclador.

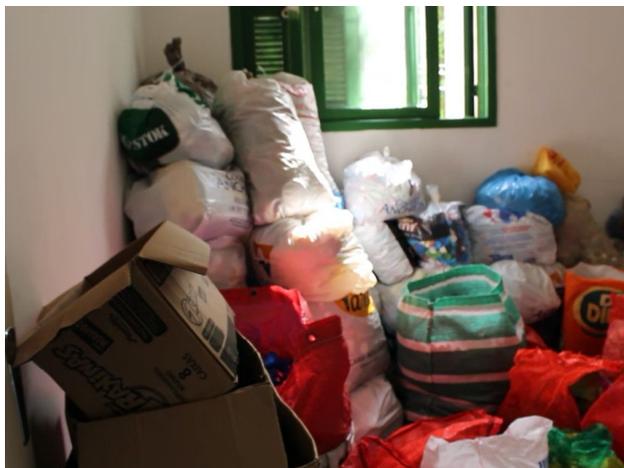
Figura 11. Tampas armazenadas do lado de fora devido ao grande volume.



Fonte: a autora.

Na sala onde é feita a separação, logo na entrada, é possível observar um volume de tampas dívidas em sacos de vários tipos e até mesmo em caixas de papelão (figura 12). No mesmo local existem duas mesas e duas cadeiras que são utilizadas pelas voluntárias durante o trabalho de separação.

Figura 12. Sacos com tampas segregadas aguardando o dia da entrega.



Fonte: a autora.

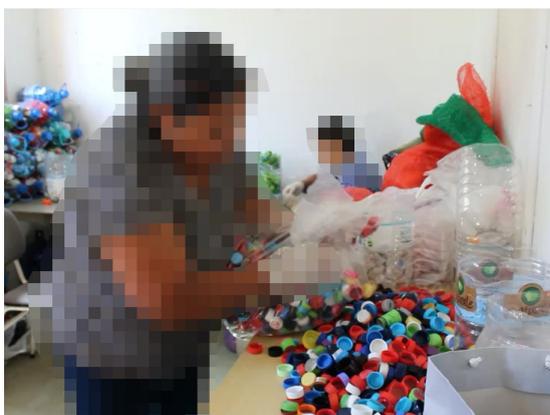
A sala destinada a atividade de triagem é bastante restrita, como observado na imagem existe um grande volume de material ensacado ocupando uma área que poderia ser utilizada de forma a aproveitar melhor o espaço.

3.3.2 O processo de separação de tampas

A separação de tampas na entidade acontece todos os dias nos turnos da manhã e da tarde, sempre que possível tem algum voluntário realizando a atividade. Ambas as voluntárias presentes no dia da visita, comparecem todos os dias que estão por lá, às vezes permanecem mais tempo, outras vezes é necessário que interrompam a atividade mais cedo. Uma das voluntárias explicou que no dia da visita, por exemplo, era um dia em que elas estavam descansadas para realizar o trabalho, no sentido de que os seus filhos ficariam mais tempo em função de suas atividades, sem a necessidade de tê-las por perto. Em dias como esse, segundo ela, o trabalho rende de forma satisfatória. Pode-se observar que o primeiro passo para dar início a separação é despejar um dos sacos com tampas misturadas sob a bancada. Uma das voluntárias estava trabalhando em uma mesa pequena onde o espaço comportava as tampas

que tinham sido despejadas sob a superfície e alguns galões d'água cortados ao meio, que serviam como contenedores para ir armazenando as tampas segregadas por cores. Uma das voluntárias realizava o trabalho de pé, mesmo tendo à sua disposição uma cadeira. A figura 13 mostra a situação descrita acima.

Figura 13. Primeira etapa do trabalho: despejar as tampas sob a mesa.



Fonte: a autora.

Ao mesmo tempo, a outra voluntária realiza o trabalho sentada e utiliza uma mesa com dimensões maiores. Sob a mesa encontram-se as tampas que estão em processo de separação juntamente com os contenedores para recebimento de cada cor. Porém, no chão também são dispostas alguns galões, uns de cinco litros e outro de vinte litros a fim de melhor utilizar o espaço, como demonstra a figura 14.

Figura 14. Forma de realização do trabalho.



Fonte: a autora.

O método pelas voluntárias reflete o que cada uma considera mais confortável e/ ou mais satisfatório para a realização do trabalho. A pessoa responsável pela gestão do Programa na instituição também participava da conversa e relatou que a primeira tonelada de tampas foi separada por ela e acredita que levou, aproximadamente, dois meses para isso. Comenta também que encontrou uma forma particular para acelerar a separação das tampas. Conta que costuma colocar o saco de hortifrúti utilizado para a entrega ao reciclador dentro de um recipiente grande, isto é, uma lixeira na qual prende com prendedores de roupa e vai colocando a cor selecionada ali dentro. Desta forma, no final, só é preciso fechar o saco, eliminando uma etapa de transferência do conteúdo dos galões d'água para o saco de disposição final. Ela prefere também despejar as tampas sob a mesa e deixar os recipientes para armazenagem de cada cor embaixo da mesa, para ela esta configuração torna o processo mais ágil.

Foi possível observar ainda que disponibilizadas luvas descartáveis para separar as tampas, eliminando qualquer tipo de contaminação que possa ser adquirida durante o trabalho. Para finalizar, foi relatado que depois que as tampas são separadas e armazenadas nos sacos de hortifrúti para disposição final é necessário ainda carregá-los até o carro no dia da entrega. A instituição possui um veículo oficial próprio e, nesses dias, o carro fica estacionado próximo entrada da porta do depósito.

Desta forma, pode-se concluir que o processo de separação manual de tampas realizado pela entidade em visitada pode ser resumido em alguns passos conforme se observa na figura 15.

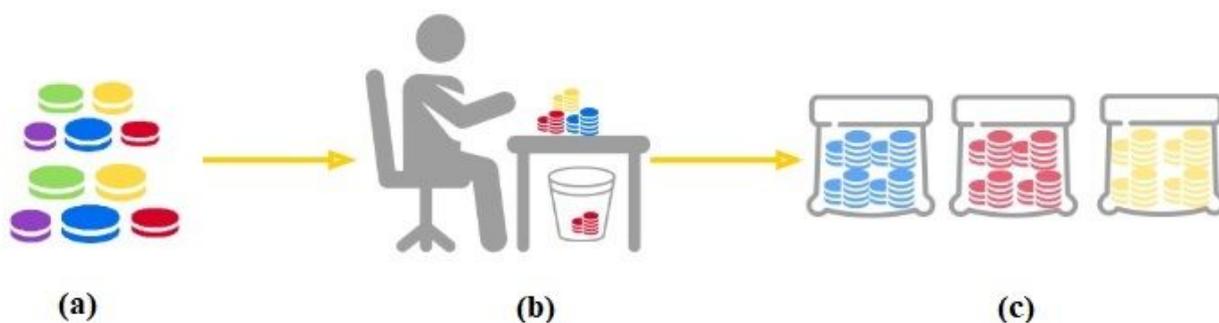


Figura 15. Processo manual de separação realizado pelas entidades.

Na figura 15, (a) representa o passo 1 - recolher as tampas, em seguida (b) abrange o passo 2 - retirar as tampas dos recipientes (sacos, sacolas, galões d'água, caixas, etc.), 3- despejar o conteúdo (tampas) sob a mesa e 4 - realizar a triagem por cores manualmente. Em (c) tem-se o último passo 5- armazenar das tampas já segregadas em seus respectivos sacos (hortifrúti) para posterior entrega ao reciclador.

3.3.3 Entrevistas

Ao longo da visita foi possível dialogar com várias pessoas que estão envolvidas no Programa de alguma forma. Portanto, foram coletados alguns depoimentos, sugestões e relatos acerca de possíveis soluções para melhorar o processo de segregação por cores. Um depoimento aconteceu de forma voluntária a partir do momento em que se soube que a esta pesquisa exploratória visava à obtenção de informações acerca do processo de separação de tampas por cores. O depoimento tem a autoria de uma funcionária da entidade visitada e segue: “Seria ideal aproveitar melhor o espaço físico da sala, pensar em questões ergonômicas em relação a altura das mesas para que a posição da pessoa que está executando a tarefa seja a melhor possível”.

A mesma funcionária ainda sugeriu soluções através de um processo em série, onde a separação se daria de forma mais ágil, podendo ter dispositivos para cada cor, de modo que a pessoa fizesse menor esforço para realizar a tarefa. E deixou uma reflexão sobre outra instituição que participa do Programa, porém que assiste pessoas com baixa visão e cegos, em que para eles como voluntários na separação há dificuldade da percepção das cores ou impossibilidade de realização da tarefa. Segundo ela, seria interessante criar possibilidades que os permitissem participar da separação também.

Já as voluntárias que realizavam o trabalho de separação das tampas foram entrevistadas enquanto realizavam a segregação das tampas, a entrevista foi guiada em tom de conversa para que se pudesse refletir a normalidade de um dia de trabalho. Foram gravados vídeos e a descrição dos áudios foi feita posteriormente para que, em determinados momentos, fosse possível obter os depoimentos na íntegra.

Uma hipótese a ser investigada, era se os voluntários (as) gostavam de realizar a atividade manual de triagem por cores. Uma das voluntárias deu um depoimento pessoal a este questionamento: “Aqui é o momento que a gente se distrai, esquece-se dos problemas, dá

tempo de pensar, dá tempo de achar como vai resolver né?! É um momento assim... que parece que é só nosso, sabe?! Muito bom! Gosto muito!”. Outro ponto a ser levantado na visita referia-se ao tempo necessário para separar um número “x” de tampas. Desta forma, foi questionado quanto tempo era preciso para separar o conteúdo de um galão d’água de cinco litros. As voluntárias não souberam responder com exatidão, porém relataram acreditar que conseguiam fazer rapidamente.

Conforme será abordado mais adiante, este trabalho visa à criação de um equipamento que auxilie na segregação de tampas poliméricas por cores, de forma que os voluntários que realizam esta atividade e a apreciam não serão necessariamente substituídos pelo mesmo, uma vez que o equipamento necessitará de intervenções durante o processo de segregação. O objetivo da existência de um equipamento para esta finalidade é criar condições para que a atividade demande menor dependência dos funcionários e voluntários para acontecer.

3.4 QUESTIONÁRIO

Foram elaboradas algumas questões com o intuito de captar informações sobre o processo de segregação por cores de tampas poliméricas de outras entidades participantes do Programa Tampinha Legal. As questões foram elaboradas através de um formulário online e foram obtidas sete respostas. As questões podem ser observadas no apêndice B deste trabalho e os resultados do questionário serão apresentados a seguir. A primeira pergunta do questionário requisitava a descrição do processo de separação feita pela entidade desde a chegada das tampas a entidade até a entrega ao reciclador. As respostas serão apresentadas no formato de depoimento visando a não interferência nas mesmas, às instituições tiveram seus nomes preservados e foram numeradas de um a sete.

Instituição 1: “Muitos parceiros de coleta entregam diretamente a qualquer uma das voluntárias, outros avisam por telefone ou mensagens para buscarmos. Isto é compartilhado no grupo de Whatsapp® das voluntárias, que fazem o recolhimento solicitado conforme disponibilidade. Todas as tampas recebidas são encaminhadas para a casa da Presidente ou uma das voluntárias, onde várias se reúnem semanalmente para a separação. Separadas,

retornam para a casa da Presidente, onde são pesadas, identificadas e recolhidas pelo transportador (o que tem ocorrido a cada duas semanas)”.

Instituição 2: “Recebemos as tampas em galões d’água, (galões de vinte litros com data de validade vencidas, que ganhamos de pessoas da comunidade), depois vão para uma mesa, desenvolvida por membros da associação, onde são classificadas por cores e depois embaladas. Na própria mesa, são fixados os sacos para serem embaladas as tampas classificadas em nove cores. Depois em uma outra data, são transportadas de carro até o depósito do Tampinha Legal”.

Instituição 3: “Existe um ponto de coleta central e vários pontos de coleta espalhados pela cidade. Na instituição existe a sala de acolhimento de tampas, local onde são separadas por cor e colocadas nos sacos de 8 kg fornecidos pelo Tampinha Legal. O material então é transportado até os bancos sociais local onde será pesado.”

Instituição 4: “Tentamos envolver diferentes sujeitos que participam da ONG, geralmente é um trabalho coletivo”.

Instituição 5: “Temos pessoas e empresas que juntam tampas para a entidade. Algumas trazem direto aqui na Instituição e outros pontos (maioria) vamos buscar. Após chegar na Instituição vai para o Clube de mães onde é feita a separação e organizada em sacos. Após esse processo levamos até o local onde é pesada pelo reciclador”.

Instituição 6: “Recolhemos as tampas nos pontos de coleta, após na entidade é feita a separação por cores em caixas, após colocadas em sacos para ser entregue”.

Instituição 7: “As tampas são recolhidas nos pontos de coleta. Fazemos, manualmente, a separação por cor e as tampas sujas são higienizadas. Após este processo são ensacadas e identificadas”.

O quadro 10 mostra as respostas de estimativa de volume de tampas separadas por mês em cada instituição e o número de pessoas que trabalham no processo, respectivamente.

Quadro 10. Volume de tampas separadas *versus* n° de pessoas que realizam a atividade.

Local	Volume	N° de pessoas
Instituição 1	100 kg	10
Instituição 2	80 kg	10-15
Instituição 3	1 tonelada	5
Instituição 4	-	10+
Instituição 5	600kg	-
Instituição 6	240 kg	10
Instituição 7	400 kg	3

Fonte: elaborado pela a autora.

A pergunta seguinte questionava sobre quem são os responsáveis pela triagem por cor das tampas em cada entidade, todas responderam que são voluntários que realizam o trabalho e quatro ainda adicionaram que funcionários colaboram com a atividade. Cinco das sete entidades responderam que, de maneira geral, enxergam problemas no processo de separação, três delas adicionaram que consideram o mau cheiro e a sujeira encontrada em algumas tampas como um problema e outras duas responderam ter problemas na sistematização do processo no que tange a separação e recolhimento do material.

Na última questão era possível marcar mais de uma opção e os itens apresentados deveriam responder ao seguinte questionamento: “Se fosse possível melhorar a eficiência do processo seria em relação a:”. O item 1 - a disponibilidade de tempo para a realização da tarefa obteve cinco marcações, item 2 - a organização do processo como um todo obteve quatro marcações, item 3 - ao volume de tampas separadas obteve três marcações, item 4 - ao transporte das tampas obteve uma marcação e o item 5 - estratégia de separação não obteve nenhuma marcação.

3.4.1 Conclusões acerca do questionário

O questionário revelou uma constância no que diz respeito ao método de segregação utilizado pelas entidades. Conclui-se também que a distinção no volume de tampas separadas por mês varia muito entre as entidades e aparenta, às vezes, ser um pouco discrepante. Como exemplo a instituição 2 afirma separar em torno de 80 kg de tampas por mês, porém é a

instituição que mais possui pessoas disponíveis para realizar a tarefa (entre 10 e 15 pessoas), quando comparada à instituição 3, que com 5 pessoas consegue separar em torno de 1 tonelada por mês, tem-se valores muito diferentes. Isso pode ser explicado pelos esforços extras que cada entidade dedica, como a organização de campanhas paralelas para que a sociedade os ajude a arrecadar tampas. Muitas entidades que se engajam em campanhas pró instituição conseguem mais adeptos e promovem parcerias com vários pontos de coletas, por conta disso, muitas vezes, recebem remessas de tampas em recipientes individuais separadas por cor, o que agiliza o processo. Essa discrepância pode ser explicada ainda pelo tempo que cada instituição dedica à tarefa.

Outra semelhança entre as respostas das entidades se deu na questão que indaga sobre quem é responsável pela separação, em que todas as entidades confirmaram que é necessária a ajuda de voluntários e ainda que necessário à ajuda dos funcionários para a realização da tarefa. Um ponto relatado por mais de umas das entidades é sobre a sujeira e o mau cheiro das tampas, o que pode ser considerado um inconveniente do processo. E por último os itens volume de tampas separadas, organização do processo como um todo e disponibilidade de tempo para a realização da tarefa foram considerados como pontos que poderiam ser melhorados para a obtenção de melhores resultados no processo.

3.5 LEVANTAMENTO DE SIMILARES

Conforme Platchek (2012) o levantamento de similares constitui-se na análise de soluções existentes para os problemas e necessidades do projeto, de forma a detectar vantagens e desvantagens com o intuito de superá-las. Trata-se de uma análise sincrônica e analisa-se o produto em si e suas funções seguindo vários critérios, nos quais são amparados em aspectos estruturais, funcionais, morfológicos, ergonômicos, mercadológicos e técnicos, como descritos a seguir:

- a. análise estrutural: indica-se os componentes dos similares.
- b. análise funcional: busca-se compreender as características de uso do produto.

- c. análise morfológica: investiga-se às relações estético-formais existentes no similar.
- d. análise ergonômica: refere-se a aspectos de uso e manipulação do produto por parte dos usuários, incluindo aspectos de segurança, transporte, praticidade, etc.
- e. análise de mercado: investiga-se o posicionamento de mercado do produto.
- f. aspectos técnicos: investiga-se quais as matérias-primas nas quais constituem o produto, os processos de fabricação e transformações, às tecnologias utilizadas, etc.

Para este trabalho realizou-se a busca por similares na qual a função global representasse semelhança com o que se deseja para o projeto. Foram selecionados então 14 equipamentos que tem como função principal a separação de itens por cor, sendo apenas um deles de caráter industrial. Muitos dos equipamentos encontrados são projetos experimentais, devido ao fato da inexistência de produtos com este grau de similaridade disponível no mercado. As informações coletadas se deram em grande parte, através da observação de vídeos disponíveis na internet, onde era possível perceber o funcionamento do equipamento durante o uso.

Contudo, foram selecionados quatro dos similares para a realização das análises, conforme proposto por PLATCHECK (2012). Os equipamentos selecionados para estas análises continham um número de informações suficientemente detalhadas para que se pudesse realizar o estudo.

Os resultados completos podem ser observados no apêndice C. A seguir, serão apresentados, de forma resumida, os quatro similares analisados.

1. M&M's® and Skittles® sorting machine by Willem

Projeto experimental com função de separar confeitos de chocolate, feita por um estudante de engenharia mecânica Universidade de Tecnologia de Eindhoven na Holanda (figura 16). O equipamento separa os confeitos por cores e opera em um ciclo que chega ao fim quando todos os confeitos tiverem sido dispostos em seus respectivos contenedores.

Figura 16. M&M's® and Skittles® sorting machine by Willem.



Fonte: Willem (2017).

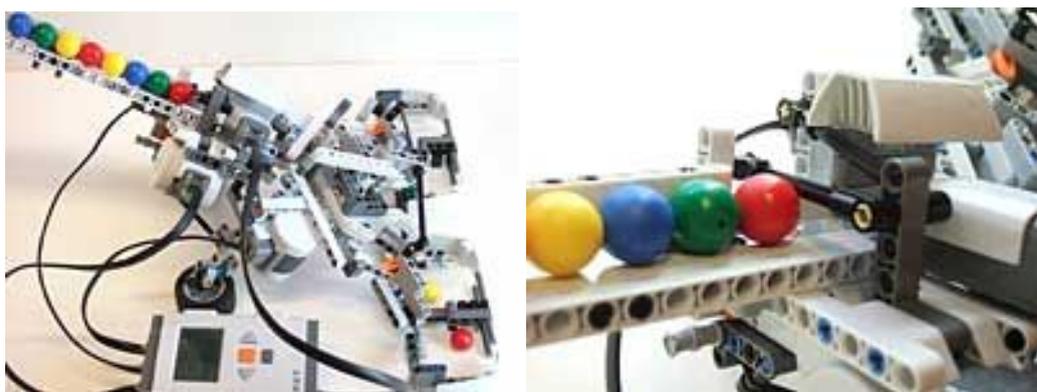
A seleção de cores se dá por meio de um sensor óptico (sensor RGB para Arduino), que realiza a medição de cor do confeito e leva informação para a placa controladora (microcontrolador Arduino Nano®). Assim que a uma cor é selecionada, o tubo de saída recebe um comando para se posicionar próximo ao contenedor referente àquela cor e então o confeito chega ao destino correto. Ambas as funções são realizadas em sincronia, assim que um confeito vai para o tubo de saída outro confeito já está sendo medido. Cada vez que a cor é selecionada um luz com a cor correspondente ilumina o equipamento gerando um feedback para o usuário. O usuário interage diretamente com o equipamento nas seguintes situações: ligar/desligar, fazer a seleção entre M&M's® ou Skittles®, colocar os confeitos de chocolate a ser separado na máquina, neste ponto o autor ressalta que o tubo de entrada foi projetado para se manter em rotação constante, para evitar que algum confeito bloqueie a passagem causando entupimento do tubo. O usuário ainda interage na retirada dos contentores, após os confeitos estarem separados.

O equipamento classifica seis cores separando duas unidades por segundo, no caso dos M&M's®, e leva de dois a três minutos para separar 300 g de Skittles®. O item a ser separado deve conter dimensões uniformes e forma regular. Para a fabricação dos componentes estruturais do equipamento foram utilizadas tecnologias de impressão 3D, para a produção das peças internas e corte a laser, onde se utilizou MDF como matéria-prima. São utilizadas ainda luzes LED para iluminar sua a parte externa, que possui 250 mm (diâmetro) e 300 mm (largura). Ao todo foram gastos em torno de €500 para a produção completa da máquina, que foi manufaturada pelo próprio autor.

2. FAST NXT2.0® ball sorter

Protótipo elaborado utilizando o kit de robótica da LEGO® Mindstorms, todas as peças e os elementos do sistema fazem parte de um conjunto de peças, que pode ser explorado visando a criação de diferentes projetos. O FAST NXT2.0® ball sorter tem a função de separar itens por cores e foi criado por um entusiasta francês (figura 17).

Figura 17. FAST NXT2.0® ball sorter.



Fonte: Philohome (2009).

Para iniciar a classificação, as bolas coloridas da LEGO® devem ser enfileiradas manualmente pelo usuário em uma rampa, que mantém as bolas estáticas. Em seguida um mecanismo com duas barras, que realiza um movimento alternado, permite que as bolas passem uma de cada vez. O sensor de cor (NTX 2.0 color sensor) encontra-se logo em seguida e detecta a cor das bolas à medida que elas descem.

De acordo com a cor detectada, dois níveis de conversão, com alturas diferentes, permitem que a bola seja direcionada para um dos quatro contenedores alvo (amarelo, azul, verde ou vermelho). A máquina é ligada e desligada através do módulo de controle (NTX 2.0) ligado ao sistema.

O sistema permite a classificação de quatro cores e separa duas bolas por segundo. As dimensões aproximadas do protótipo montado são de 550 mm (altura) e 440 mm (largura). Este kit da marca foi descontinuado, mas de acordo com a Amazon (2018) o preço deste item girava em torno de \$560, porém os componentes controladores e o sensor de cor são encontrados separadamente para venda em lojas online.

3. Plastic Sorting Machine for Recycling PET Bottle Flakes - BCS1280B

Máquina de porte industrial comercializada pela empresa chinesa Metack, que oferece soluções específicas para classificação por cores de vários tipos de insumos como grãos. O equipamento em questão separa flocos de garrafa PET reciclados e coloridos de outros flocos de uma determinada cor (figura 18).

Figura 18. Plastic Sorting Machine for Recycling PET Bottle Flakes - BCS1280B



Fonte: Metack (2017).

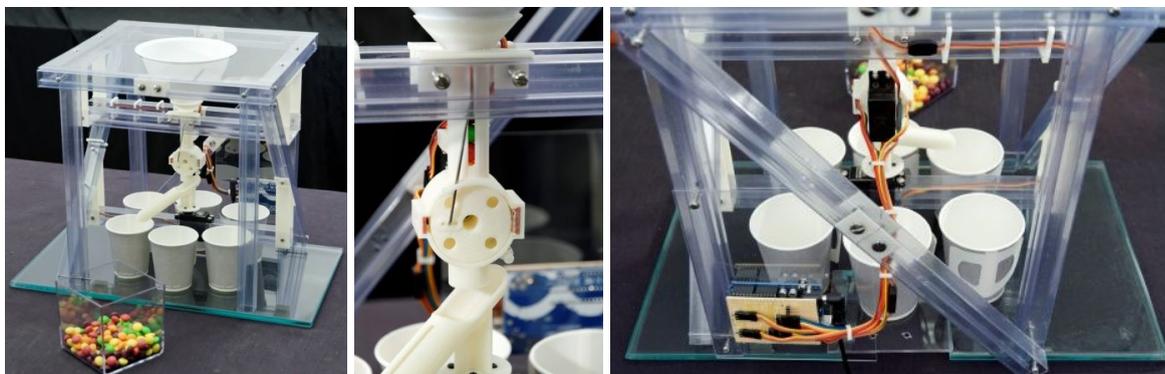
Indicado para polímeros reciclados, PVC leve e PP (flocos), a máquina realiza a seleção de cores de diferentes de materiais granulares. Conta com dispositivos de ejeção mecânicos ou pneumáticos para desviar o material cujas cores não caem dentro da faixa aceitável e opera com sistema de esteiras para a saída do material separado.

A máquina classifica ainda material etéreo, irregular, facilmente quebradiço, com umidade elevada e alta leveza. Os modos de seleção podem ser configurados de várias maneiras, podendo classificar além das cores as formas dos flocos, devido ao uso da tecnologia de varredura de linhas de cor 2048. Separa em torno de 1,5 - 2,8 ton/h, o equipamento é bastante robusto pensando em torno de 1360 kg e com dimensões aproximadas de 3108 x 1986 x 1680 (mm). Não há informações disponíveis sobre o preço do equipamento.

4. M&M's®, Skittles® and Resse's® sorting machine

Sem informações sobre a autoria do projeto, apresenta acentuada semelhança com o primeiro similar apresentado (similar 1) no que diz respeito ao sistema de funcionamento. Porém, apresenta soluções diferenciadas no que diz respeito a custos de fabricação (figura 19).

Figura 19. M&M's®,Skittles® and Resse's® sorting machine.



Fonte: IVC Wiki (2017).

Segundo informações do site, a máquina separa confeitos de chocolate das marcas M&M's®, Skittles® e Resse's®, das demais diferenças entre este e o primeiro similar estão o microcontrolador, este utiliza o modelo Arduino UNO®. Além disso, como mencionado, os custos foram consideravelmente mais baixos neste projeto, sendo \$127.04 o valor total, considerando a máquina pronta para funcionamento. Isto se deu, em grande parte, por que o leiaute da carenagem apresenta-se bem mais simples. O equipamento separa seis cores numa velocidade de oitenta confeitos por minuto, o equipamento montado tem dimensões aproximadas de 50 x 30 x 30 cm. O autor também destaca pontos a serem melhorados, visando uma segunda versão do seu equipamento:

- Mudança para um motor servo (360°) mais rápido para atuar junto ao componente que mantém as peças paradas para que a medição óptica seja realizada, isto melhoraria muito o desempenho do componente.
- Um servo de rotação de 720° ou 1080° pode ser usado para calcular a menor distância até o próximo contenedor.
- Adicionar um motor de vibração pode ser instalado para evitar possível entupimento no funil de entrada. Vale destacar, que o primeiro similar, utiliza de soluções para o mesmo problema.
- Montar um monitor LCD para exibir a distribuição de cor atual e outras informações vitais do sistema.

Considerou-se relevante ainda, comparar alguns pontos entre os similares analisados, a fim de compilar e trazer uma visão geral das características encontradas em cada um deles (quadro 11).

Quadro 11. Comparação entre similares analisados.

	Similar 1	Similar 2	Similar 3	Similar 4
Caráter	Experimental	Experimental	Industrial	Experimental
Cores separadas	6 cores	4 cores	Depende da faixa de aceitação	6 cores
Utilização	Confeito de chocolate	Bolas de Lego	Polímeros reciclados, PVC leve e PP (flocos)	Confeito de chocolate
Observações	O produto a ser separado deve conter dimensões uniformes e forma regular	Classifica às cores padrão da marca Lego	Classificação de cores e formas	Suporta itens com formas similares
Tecnologia	Sensor RGB para Arduino	Sensor de cor NTX 2.0	Varredura de linha de cor 2048	Sensor RGB para Arduino
Unid. x Tempo	2 unid./seg (M&M's) 2-3 min (300 g de Skittles)	2 unid./seg	1,5 - 2,8 ton	80 unid./minuto
Dimensões	250 mm (Ø) e 300 mm (largura)	550 mm x 440 mm	3108 x 1986 x 1680 (mm)	300 x 300 x 300 (mm)
Preço	R\$ 2.155	R\$ 2.000	Não disponível	R\$ 473,00

Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda como parte do levantamento de similares foi elaborada uma lista de pontos positivos e negativos dos quatorze similares encontrados, a qual pode ser observada no apêndice D. Como dito anteriormente, grande parte das informações dos similares foi obtida através de observações de vídeos de equipamentos em funcionamento, desta forma, foi possível constatar aspectos relevantes a serem considerados na etapa onde serão atribuídas as especificações de projetos deste trabalho.

3.5.1 Considerações sobre o levantamento de similares

A partir do levantamento e análise dos similares, pode-se perceber uma padronização no aspecto global de funcionamento dos equipamentos, isto é, os projetos seguem uma mesma

estratégia, porém utilizam diferentes soluções para tal. Desta forma, é possível apontar as quatro zonas principais que caracterizam um equipamento de separação de itens por cor:

1. Zona de entrada: onde são depositados os itens coloridos que serão separados.
2. Zona de ordenação: onde são acomodados os itens para posterior medição óptica.
3. Zona de classificação: onde são realizadas as medições ópticas e identificadas as cores dos itens.
4. Zona de saída: onde os itens são transportados para seus respectivos contenedores.

Foi possível observar também vários aspectos relativos aos modelos que podem servir como base de ideias para possível adaptação ou melhoramento como: a utilização de display para gerar um feedback para o usuário ou indicar passos para iniciar um ciclo de separação, ou da mesma forma, a utilização de luzes LED que indicam a cada vez que uma cor de item é selecionada e, ainda, analisar condições para redução de ruídos advindos do funcionamento do equipamento, sendo este um ponto negativo levantado em alguns similares.

A tecnologia de impressão 3D como forma de manufatura de peças, assim como a utilização de placas Arduino e sensores que atuam com esta plataforma para a composição do sistema interno do equipamento, foram amplamente verificadas nos similares. O que, entre outros aspectos, cria condições para a produção de baixo custo. Considera-se outro ponto a ser levado em consideração, o fato de a maioria dos similares realizarem a separação de itens que apresentem formas e dimensões regulares, o que pode ser um limitante se for avaliada a necessidade de separação de tampas com dimensões variadas.

3.6 DELIMITAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO

O público-alvo ao qual se destina o projeto engloba, principalmente, organizações não governamentais (ONGs) da cidade de Porto Alegre, participantes do Programa sócio ambiental Tampinha Legal, não excluindo a possibilidade de uso por outras ONGs que realizam um trabalho semelhante, neste ou em outros municípios. Não excluem-se também os pequenos centros de triagem de resíduos recicláveis que atuam com poucos recursos financeiros para investimentos em tecnologias para auxiliar na atividade de segregação de resíduos recicláveis.

As ONGs são organizações sem fins lucrativos e fazem parte do Terceiro Setor. Podem ser constituídas como uma associação ou fundação. Não são geridas pelo Estado e não são empresas comerciais. Elas se estruturam e desenvolvem suas atividades conforme o foco de interesse, objetivos e abrangência e, sobretudo o impacto que desejam criar. As áreas possíveis de atuação são diversas, tais como: assistência social, cultura, saúde, meio ambiente, desenvolvimento e defesa de direitos, habitação, educação e pesquisa (INK, 2017).

Sendo assim, considera-se como público-alvo as ONGs de pequeno e médio porte, que de acordo com Souza (2015), trata-se de entidades que dependem quase que exclusivamente de doações e investimentos humanos e financeiros para manterem-se ativas. Como validado nas entrevistas e questionário realizados na etapa de Projeto Informacional, nas entidades que participam do Programa Tampinha Legal, funcionários e voluntários realizam a atividade de separação de tampas por cor.

Em vista disso, considera-se como usuário do equipamento, mulheres e homens adultos na faixa de 20 a 65 anos de idade, já que abrange a faixa etária de grande parte dos colaboradores atuantes nessas organizações.

3.7 REQUISITOS DOS USUÁRIOS

Conforme Back et al. (2008), a voz do usuário se constitui no principal e mais crítico passo para alcançar a qualidade dos produtos, desta forma por meio da elicitação das necessidades dos usuários serão desdobrados os requisitos dos usuários, os quais apresentam essas informações de forma mais compacta e apropriada para o entendimento durante o desenvolvimento do projeto. Para este trabalho, optou-se por apresentar os resultados já convertidos (quadro 12), uma vez que, por meio de análise das entrevistas, observações e questionário, realizados durante a o Projeto Informacional, as informações obtidas se configuraram como tal.

Quadro 12: Requisitos dos usuários.

Requisitos dos usuários
Soluções que envolvam baixo investimento.
Possibilitar que diferentes entidades participem do programa independente de suas limitações.

(continua)

(continuação)

Permitir o deslocamento do equipamento no interior das salas da entidade.
Fácil manutenção.
Fácil limpeza.
Fácil uso.
Reduzir número de etapas do processo.
Não acumular volume de tampinhas para separar.
Melhorar a organização do processo.
Melhorar a condição do trabalho.
Reduzir contato direto do colaborador com tampinhas em estado insalubre.
Utilizar o equipamento com segurança.
Aumentar a quantidade de tampinhas separadas.
Separar em cores padrão.
Não depender de um grande número de envolvidos para a realização da tarefa.

Fonte: elaborado pela autora.

De forma a obter um melhor entendimento do contexto em que os requisitos de usuário listados se inserem, sugere-se observá-los como resposta às categorias nas quais os usuários consideram importantes, sendo elas: baixo custo (do equipamento), replicabilidade, usabilidade, praticidade, otimização (dos processos que englobam a tarefa), ergonomia, desempenho (melhores resultados) e autonomia.

3.8 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DOS USUÁRIOS EM REQUISITOS DE PROJETO

De acordo com Back et al. (2008), a transformação dos requisitos de usuários em requisitos de projeto, deve ser feita por meio de uma interpretação em linguagem técnica orientada ao projeto, e na medida do possível, deve-se incidir em parâmetros mensuráveis. O quadro 13 apresenta as interpretações obtidas.

Quadro 13. Conversão dos requisitos dos usuários em requisitos de projeto.

Requisitos do usuário	Requisitos de Projeto
Soluções que envolvam baixo investimento.	Utilizar materiais e sistemas de valor acessível. Projetar a estrutura visando um menor número de peças e componentes.
Possibilitar que diferentes entidades participem do programa independente de suas limitações.	Facilitar a produção do equipamento (replicabilidade).
Permitir o deslocamento do equipamento no interior das salas da entidade.	Utilizar dispositivos que facilitem o transporte. Optar por materiais leves.
Facilitar o uso, limpeza e manutenção.	Permitir o uso de ferramentas padrão para a manutenção. Utilizar materiais que permitam fácil higienização. Projetar interface amigável e intuitiva.
Reduzir número de etapas do processo	Estruturar o sistema para que mais de uma etapa seja realizada de forma simultânea.
Não acumular volume de tampinhas para separar.	Avisar ao colaborador sempre que o equipamento permitir novo ciclo.
Melhorar a organização do processo.	Permitir melhor controle da realização da tarefa e de seus resultados.
Melhorar a condição do trabalho.	Permitir melhor controle da realização da tarefa e de seus resultados.
Reduzir contato direto do colaborador com tampinhas em estado insalubre.	Eliminar a necessidade de manuseio direto do colaborador com as tampinhas.
Utilizar o equipamento com segurança.	Possuir princípios de segurança (elétrica, mecânica, etc).
Aumentar a quantidade de tampinhas separadas.	Possuir receptores e contenedores grandes o suficiente para comportar vários modelos de tampinhas. Possibilitar maior número de tampinhas separadas em menor tempo.
Separar em cores padrão.	Separar sete cores padrão
Não depender de um grande número de envolvidos para realizar a tarefa.	O equipamento deve ser passível de ser operado por uma só pessoa.

Fonte: elaborado pela autora.

3.9 PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO

Após a conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto, é necessário identificar a prioridade que se deve destinar a cada requisito de projeto. Este processo pode ser feito por meio da matriz de Desdobramento da Função Qualidade (QFD). Porém, para este trabalho, optou-se por utilizar a matriz em sua forma reduzida. A matriz de relacionamento

configura-se da seguinte forma: os requisitos de usuário são descritos nas linhas ao lado esquerdo da matriz e os requisitos de projeto assumem as colunas superiores, de modo que a área central estabelece a intersecção de um requisito com o outro. Há também a coluna onde é estabelecido, para cada requisito de usuário, o grau de importância do usuário, considerando-se os resultados do Projeto Informacional. Os valores seguem de 1 a 5, sendo 1 - sem importância, 2 - pouco importante, 3 - importante, 4 - muito importante e 5 - extremamente importante. Então, atribui-se os valores para o relacionamento entre cada requisito de usuário e requisito de projeto. Estes valores representam a força de cada relacionamento, sendo que o valor 0 significa relacionamento nulo, 1 relacionamento fraco, 3 médio e 5 relacionamento forte. O somatório dos requisitos de projeto resultou da multiplicação de cada valor de relacionamento pelo grau de importância para o usuário, designando, desta forma, a ordem de prioridade dos requisitos de projeto.

A matriz completa encontra-se no apêndice E, os requisitos priorizados conforme sua ordem de importância podem ser observados no quadro 14. Com o resultado pode-se concluir que os dez primeiros itens priorizados remetem, em essência, à estruturação do sistema, visando, entre outros, o desempenho e a otimização da tarefa, ou seja, abrange os quesitos inerentes a função do equipamento. Já o restante dos requisitos, está fortemente relacionado à forma do equipamento, atentando a seleção de materiais, ao número de componentes, a facilidade de produção, etc.

Quadro 14. Resultado da priorização dos requisitos de projeto.

Ordem	Requisitos de projeto
1°	O equipamento deve ser passível de ser operado por uma só pessoa.
2°	Possibilitar maior número de tampinhas separadas em menor tempo.
3°	Possuir receptores e contenedores grandes o suficiente para comportar vários modelos de tampinhas.
4°	Estruturar o sistema para que mais de uma etapa seja realizada de forma simultânea.
5°	Permitir melhor controle da realização da tarefa e de seus resultados.
6°	Projetar interface amigável e intuitiva.
7°	Separar em nove cores padrão.
8°	Avisar ao colaborador sempre que o equipamento permitir novo ciclo.
9°	Viabilizar soluções ergonômicas nas zonas de interação do usuário com o equipamento.
10°	Possuir princípios de segurança (elétrica, mecânica, etc).

(continua)

(continuação)

11°	Permitir o uso de ferramentas padrão para a manutenção do equipamento.
12°	Projetar a estrutura do equipamento visando um menor número de peças e componentes.
13°	Utilizar materiais que permitam fácil higienização.
14°	Utilizar materiais e sistemas de valor acessível.
15°	Eliminar a necessidade de manuseio direto do colaborador com as tampinhas.
16°	Optar por materiais leves e resistentes.
17°	Facilitar a produção do equipamento (replicabilidade).
18°	Utilizar dispositivos que facilitem o transporte do equipamento.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.10 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

Conforme BACK et al. (2008), as especificações de projeto são o resultado final do processo de transformação das necessidades dos usuários e podem ser consideradas como a parte mais importante do desenvolvimento do produto. Sendo assim, devem ser previstas grandezas mensuráveis e meios ou métodos de verificar se a solução a ser desenvolvida atenderá a este requisito de projeto. O quadro 15 apresenta as especificações de projeto para alguns requisitos.

Quadro 15. Especificações de projeto.

Requisitos de projeto	Especificações de projeto
O equipamento deve ser passível de ser operado por uma só pessoa.	As funções devem ser simplificadas.
Possuir receptores e contenedores grandes o suficiente para comportar vários modelos de tampinhas.	Os contentores devem suportar até 6 kg para cada cor.
Estruturar o sistema para que mais de uma etapa seja realizada de forma simultânea.	Permitir simultaneidade nas tarefas.
Separar em sete cores padrão.	O equipamento deve separar, preferencialmente: branco, vermelho, verde (dois tons), azul (dois tons), amarelo, laranja e preto.
Viabilizar soluções ergonômicas nas zonas de interação do usuário com o equipamento.	Considerar os percentis que abrangem o público-alvo.
Possuir princípios de segurança (elétrica, mecânica, etc).	Possuir chaves de ativação/desativação/sinalizar plugues/manter cabos isolados.

(continua)

(continuação)

Utilizar materiais que permitam fácil higienização.	O acabamento superficial do material deve ser de fácil higienização.
Utilizar materiais e sistemas de valor acessível.	Considerar a utilização de materiais e tecnologias já utilizadas pelo Programa.
Facilitar a produção do equipamento (replicabilidade).	Optar por processos de fabricação que atendam a este requisito, como a fabricação digital.

Fonte: elaborado pela autora.

As especificações listadas neste trabalho servem como metas e parâmetros para as próximas etapas do projeto, de forma que por meio dos resultados de testes e métodos de verificação será possível criar estratégias para garantir que se possa alcançar os resultados esperados.

4 PROJETO CONCEITUAL

De acordo com Back et al. (2008), o Projeto Conceitual trata-se de uma etapa de geração de soluções alternativas que atendam as especificações do produto, que foram definidas durante o Projeto Informacional. Nesta etapa, a criatividade é muito importante, para alcançar os objetivos recomenda-se a utilização de métodos ou procedimentos que permitam obter de forma rápida um conjunto de soluções inovadoras. Com isto proposto, preliminarmente, para este trabalho, serão apresentados os painéis semânticos que visam à concepção do conceito de projeto de produto.

4.1 CONCEITO DO PRODUTO

Segundo Baxter (2000), os produtos devem ser projetados para transmitir sentimentos e emoções, e no caso do desenvolvimento de produtos é preciso partir de objetivos amplos para ir estreitando para formas específicas, à medida que o projeto avança, para que possam ser posteriormente manufaturadas. Desta forma, para que se consiga transmitir tais sentimentos por meio do produto, o autor propõe a elaboração de três painéis: estilo de vida, expressão do produto e tema visual, os quais devem ser elaborados na sequência, pois um auxilia a composição do outro.

4.1.1 Painel estilo de vida

Na elaboração deste painel, segundo Baxter (2000), deve-se procurar traçar uma imagem do estilo de vida dos futuros consumidores do produto, ou seja, as imagens devem refletir os valores sociais e pessoais comuns a cada grupo específico de consumidores, além de refletir seu estilo de vida.

O painel estilo de vida (figura 20) mostra o cotidiano de indivíduos de diversas faixas etárias, engajados em causas sociais, em situações variadas, porém procura mostrar propósitos semelhantes como atenção, cuidado, carinho e empatia no que se refere ao contato interpessoal, além de representar envolvimento, dedicação e determinação no que tange a realização das atividades.

Figura 20. Painel estilo de vida.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.2 Painel de expressão do produto

Conforme descrito por Baxter (2000), a expressão do produto deve ser uma síntese do estilo de vida dos consumidores, e deve representar a emoção que o produto transmite ao primeiro olhar. As imagens do painel (figura 21) procuram refletir a reutilização de materiais, a fusão entre funcionalidade e simplicidade, a simplificação de formas e redução de componentes e, ainda, instiga uma reflexão quanto ao impacto das ações humanas perante o meio ambiente.

Figura 21. Painel expressão do produto.

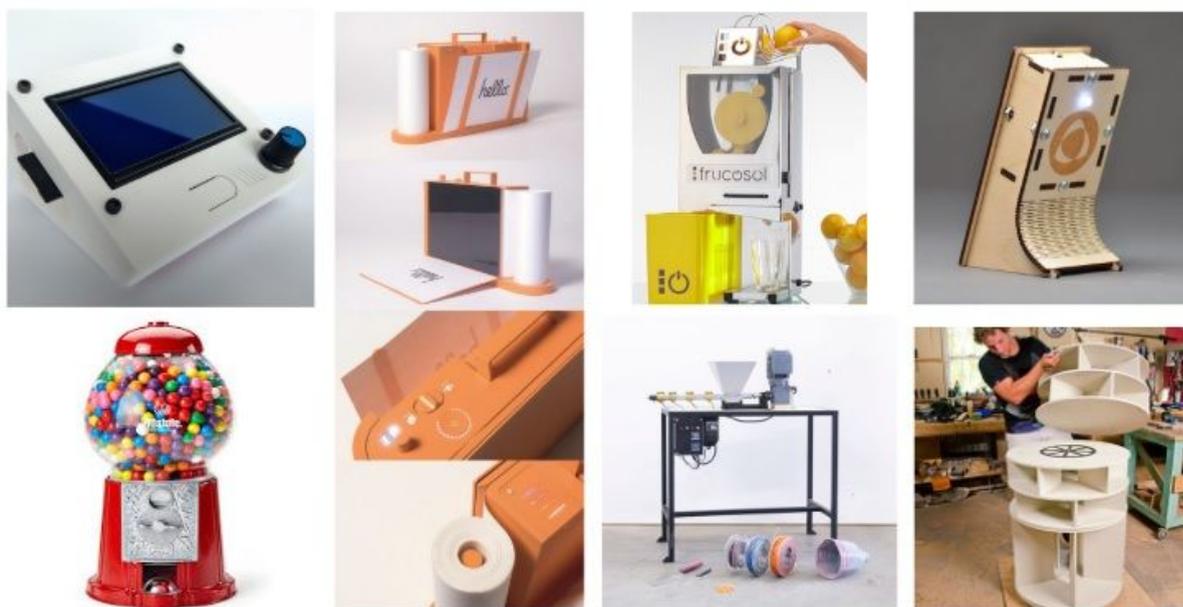


Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.3 Painel do tema visual

Para o terceiro painel, segundo Baxter (2000), deve-se buscar imagens de produtos que estejam de acordo com o espírito pretendido para o novo produto abrangendo os mais variados tipos de funções e setores do mercado. Este painel, em suma, permite explorar vários estilos e funciona como fonte de inspiração de formas visuais para o novo produto, onde, a partir delas, podem ser feitas adaptações, combinações e refinamentos durante a geração de alternativas para o projeto. A figura 22 traz um conjunto de imagens que demonstram facilidade de produção, transparência, interatividade, curiosidade, modularidade e utilidade, apresentando também algumas características de caráter tecnológico.

Figura 22. Painel do tema visual.



Fonte: Elaborado pela autora.

As imagens coletadas norteiam a etapa de geração de alternativas, de modo que elas servirão como fonte de inspiração para a criação de possíveis soluções para o novo produto, além disso, com a criação dos painéis é possível reunir informações para compor seu conceito-chave. Tendo isso em vista, o equipamento a ser desenvolvido deve conter características que se relacionem com o movimento “faça você mesmo” em caráter estrutural, funcional e estético facilitando a difusão do produto e tornando-o economicamente acessível para o público-alvo pretendido.

4.2 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Conforme proposto no tópico 3.5.1 deste trabalho, a conclusão do levantamento de similares resultou em quatro zonas principais das quais constituem um equipamento que classifica itens por cor, sendo elas: zona de entrada, zona de ordenação, zona de classificação e zona de saída. Desta forma, para a geração de alternativas optou-se por abordar separadamente cada uma dessas zonas, a fim de construir uma vasta gama de esboços e, posteriormente, criar conexões entre eles visando a melhor adequação em cada caso. Adicionaram-se ainda propostas para o corpo e acessórios do equipamento e também para a interface de controle. O método utilizado para a geração e conexão das alternativas constitui-se no modelo de matriz morfológica proposto por Back et al. (2008) e será detalhado nos tópicos que seguirão.

De acordo com Back et al. (2008), o método da matriz morfológica consiste em, primeiramente, identificar as funções, operações e parâmetros do processo, em seguida deve-se preencher a primeira coluna da matriz com tais funções, que podem ser desdobradas em forma, tipo e princípios, que poderão ser utilizados para a construção do equipamento. O terceiro passo consiste em buscar soluções para cada parâmetro de forma independente preenchendo assim as linhas da matriz. Por último, deve-se buscar concepções alternativas para o problema global formulado estabelecendo combinações entre os princípios gerados em cada linha, desenvolvendo assim os modelos de alternativas preliminares.

Para a identificação das funções e parâmetros do processo foram utilizadas ferramentas propostas por Platchek (2012), na qual sugere a elaboração de uma árvore estrutural do projeto em questão (apêndice F) e um quadro de locações de função do equipamento (quadro 16).

Quadro 16. Locação de funções do equipamento para separar itens por cor.

Número	Função	Quem
1	Atribuir forma ao equipamento Sustentar o sistema e seus componentes	Corpo
2	Depositar as tampas a serem classificadas Limitar entrada de tampas fora do padrão	Zona de entrada

(continua)

(continuação)

3	Enfileirar as tampas	Zona de ordenação
4	Identificar as cores	Zona de classificação
5	Transportar a tampa classificada para seu alvo	Zona de saída
6	Ligar Desligar Pausar Gerar novo ciclo Controlar resultados	Interface de controle
7	Acondicionar as tampas a serem classificadas Acondicionar as tampas fora do padrão Acondicionar, individualmente, as tampas de acordo com sua classificação	Contenedores

Fonte: Elaborado pela autora.

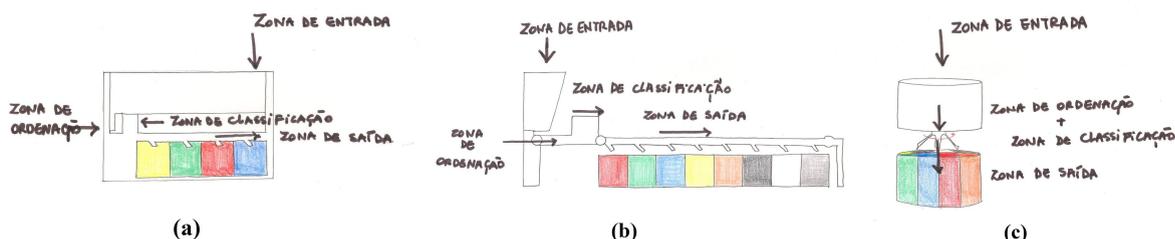
A matriz morfológica por sua vez, foi elaborada contemplando sete divisões que representam as áreas de funcionalidade do equipamento. A matriz completa pode ser observada no apêndice G, ela servirá também para o entendimento das alternativas preliminares do equipamento (tópico 4.2.8) que serão geradas por meio das conexões entre alguns dos itens da caixa morfológica.

4.2.1 Corpo do equipamento

O corpo do equipamento foi definido como item (a) da matriz morfológica (apêndice G). As alternativas geradas para este item contempla os seguintes desdobramentos: tipo (a.1), fluxo do sistema (a.2), formato (a.3) e estilo (a.4). Em se tratando do tipo observou-se que o equipamento poderia ser tanto horizontal (a.1.1) quanto vertical (a.1.2), o que corresponde também ao fluxo do sistema que em um modelo horizontal poderia ser da direita para esquerda (a.2.1) ou da esquerda para a direita (a.2.2), já para um modelo vertical o fluxo tende a ser de cima para baixo (a.2.3). Entende-se por fluxo a entrada das tampas a serem classificadas, passando por todas as zonas até a chegada ao seu contenedor alvo (zona de saída). Na figura 23 pode-se observar um esquema que exemplifica os itens descritos. Já para o formato (a.3) foram elaborados esboços que exemplificam os três formatos abordados (figura 23) sendo eles: cilíndrico (a.3.1), retangular (a.3.2) e estrutura de apoio (a.3.3). Os

modelos esboçados são uma representação simbólica da aparência do equipamento contemplando esses três formatos.

Figura 23. Esquema para tipos (a.1) e fluxos (a.2).



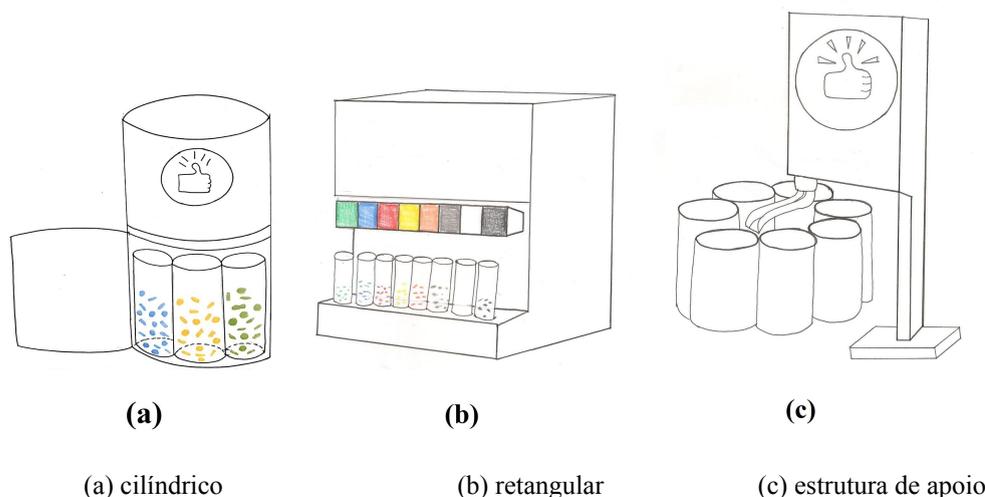
(a) horizontal / direita- esquerda (b) horizontal / esquerda-direita (c) vertical / de cima para baixo

Fonte: elaborado pela autora.

O modelo cilíndrico (a.3.1) (figura 24 (a)) apresenta uniformidade em sua estrutura, já que é possível observar um equipamento em que todos os elementos estão reunidos em um único conjunto estrutural. Já o modelo retangular (a.3.2) (figura 24 (b)) aparenta mais robustez na forma, já que apresenta uma zona de saída linear colocando os contenedores enfileirados lado a lado.

Por último, o modelo estrutura de apoio (a.3.3) (figura 24 (c)) sugere mais dinamicidade a estrutura, visto que a estrutura de apoio que estabiliza a zona de entrada apresenta-se esguia e compacta e os acessórios a zona de saída podem assumir diferentes posições sem a necessidade de uma localização fixa.

Figura 24. Formatos (a.3): cilíndrico, retangular e estrutura de apoio.



(a) cilíndrico

(b) retangular

(c) estrutura de apoio

Fonte: elaborado pela autora.

Verificou-se ainda a possibilidade de colocação elementos que viabilizam a movimentação do equipamento ou parte dele, o que contempla o item estilo (a.4) que pode ser móvel (a.4.1), fixo (a.4.2) ou misto (a.4.3). Neste caso, foram pesquisados alguns itens disponíveis no mercado que tem como função permitir o movimento de equipamentos. Porém, é interessante que se ressalte que, no caso de um equipamento móvel ou misto é necessário que se escolha itens com trava de segurança, já que se requer estabilidade durante o funcionamento do equipamento.

Os itens pesquisados tratam-se de rodízios que devem ser selecionados em relação à carga que será distribuída sob os mesmos. Portanto, o formato do equipamento também influencia nessa escolha. O quadro 17 foi elaborado através de um catálogo da América Rodas e Rodízios, fabricante de rodízios para equipamentos diversos, onde são relacionados o modelo, a capacidade de carga e o diâmetro da roda. Todos os rodízios selecionados são recomendados para utilizar em equipamentos de baixa resistência, tais como suporte para vasos, mesas de centro, *displays*, exibidores, *racks*, camas, entre outros e para uso em piso liso, madeira, metálico, cerâmica e epóxi.

Quadro 17. Elementos que viabilizam a movimentação do equipamento ou parte dele.

Modelo	Capacidade de carga	Dimensões	Referência
	30 kg	Largura da roda: 20 mm Diâm. do eixo: 6,35 mm Altura: 67 mm Raio de Giro: 78 mm	https://www.americarodaserodizios.com/product-page/gla-210-bp-fpi
	45 kg	Largura da roda: 20 mm Diâm. do eixo: 6,35 mm Altura: 67 mm Raio de Giro: 78 mm	https://www.americarodaserodizios.com/product-page/gl-210-up-fp
	40 kg	Largura da roda: 16 mm Diâm. da roda: 50 mm Altura: 71 mm Raio de Giro: 58 mm	https://www.americarodaserodizios.com/product-page/dcpr-50-pp-f-p42
	40 kg	Largura da roda: 20 mm Diâm. do eixo: 6,35 mm Altura: 67 mm Raio de Giro: 78 mm	https://www.americarodaserodizios.com/product-page/mgap-200-gel-fpi

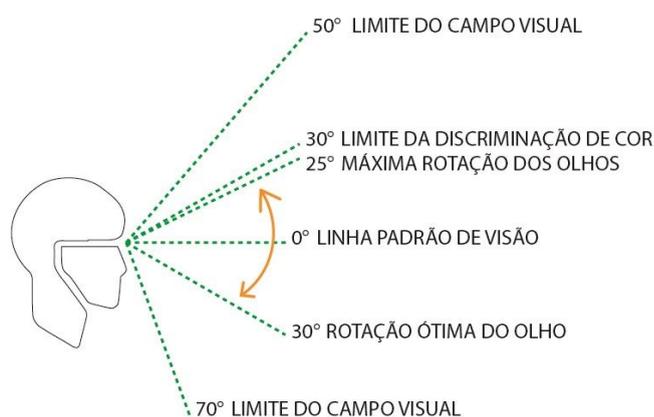
Fonte: elaborado pela autora.

Outro ponto de importância para zona do corpo do equipamento trata-se da ergonomia, para tal investigou-se os valores dos percentis de estatura 5 e 95 para homens e mulheres em relação a idade dos indivíduos. Conforme Panero e Zelnik (2002), em situações onde o usuário não é conhecido, em termos de sexo ou dimensões corporais, devem ser utilizados dados das pessoas de menores dimensões.

O público-alvo que este trabalho visa atingir abrange uma faixa etária que vai de 20 a 65 anos de idade, de acordo com Panero e Zelnik (2002), os percentis de estatura baseados em faixas etárias apresentam valores para idades entre 18 e 79 anos, os quais, são agrupados em subcategorias de idade (18 a 24, 25 a 34, 35 a 44, 45 a 54 a 55, 65 a 74 e 75 a 79). Desta forma, verificou-se que para alcançar a faixa do público-alvo pretendido era necessário adotar os menores valores de estatura encontrados para esta faixa. Em vista disso, verificou-se o valor de 146, 1 cm para o percentil de estatura 5 feminino para a idade de 65 a 74 anos.

Considerou-se igualmente importante relacionar os valores de campo visual de indivíduos no plano horizontal aos valores já obtidos. O campo visual trata-se daquela porção do espaço, medida em ângulos que pode ser vista quando a cabeça e olhos e estão imóveis (PANERO e ZELNIK, 2002). Baseando-se na linha padrão de visão (0°) tem-se que 25° acima da linha representam a máxima rotação dos olhos e 30° abaixo da linha representam a rotação ótima do olho. Portanto, deve-se trabalhar dentro da escala de valores angulares que representam a ótima rotação do olho, na figura 25 é demarcada por uma seta dupla na cor laranja.

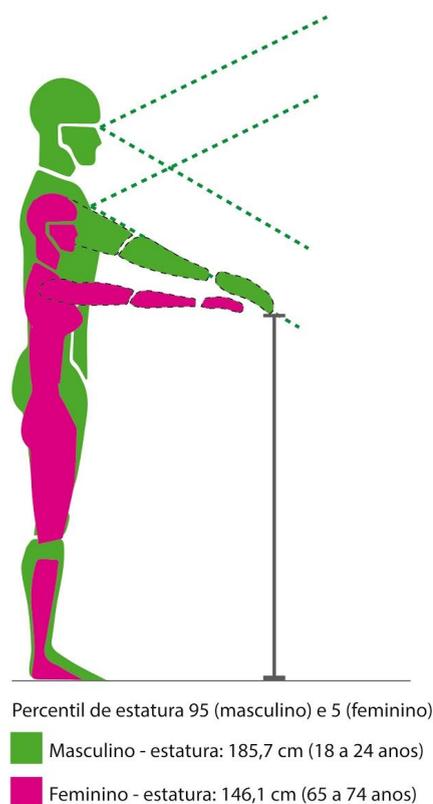
Figura 25. Campo visual no plano horizontal.



Fonte: Adaptado de Panero e Zelnik, (2002).

Em vista disso, para o presente trabalho deve-se adotar medidas para altura e manipulação do equipamento que prevejam à adequação a estatura do menor indivíduo encontrado e que trabalhem dentro da faixa de ótima rotação do olho. Em se tratando de alcances horizontal e vertical, o equipamento deve permitir a ampla visão do que se está sendo manipulado para que não haja dificuldades na realização das atividades de interação do usuário com o equipamento. A figura 26 ilustra uma situação comparando os extremos: maior percentil de estatura masculino (95) e o menor percentil de estatura feminino (5), na figura pode-se observar que ambos conseguem alcançar a altura estipulada sem dificuldades. A linha vertical que define a altura estipulada deve então adequar-se a estrutura de um indivíduo de 146,1 cm conforme dito anteriormente.

Figura 26. Comparação entres os extremos percentis de estatura 95 e 5 (masculino e feminino).



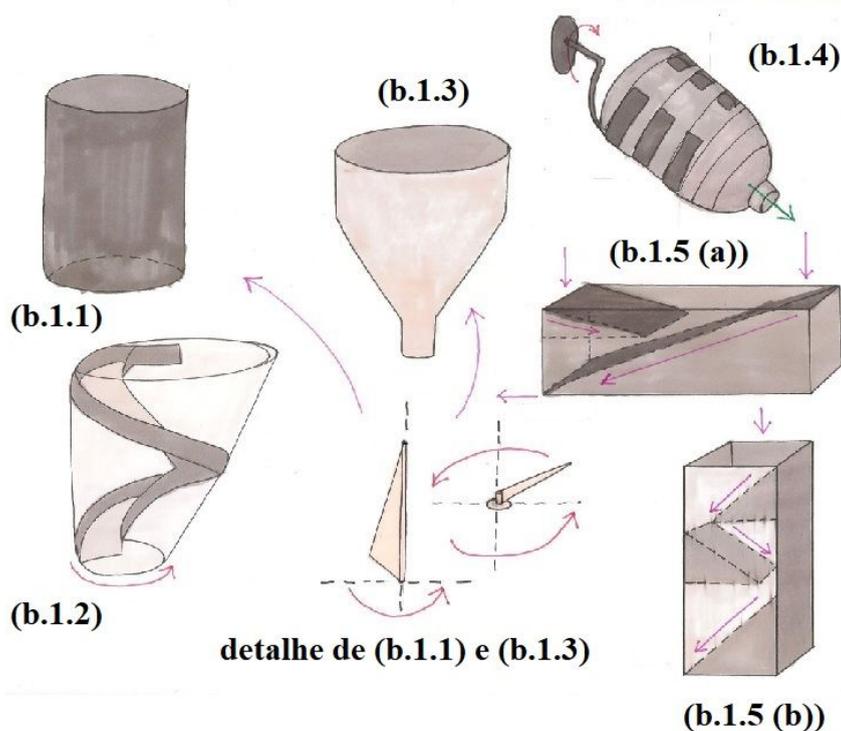
Fonte: elaborado pela autora.

4.2.2 Zona de entrada

A zona de entrada foi definida como item (b) da matriz morfológica (apêndice G). Durante o levantamento de similares realizado no tópico 3.5 deste trabalho observou-se que

havia uma preocupação recorrente em manter a zona de entrada de itens em movimento constante, mais de um similar revelou que a ausência ou ineficiência de um sistema de movimentação gerava entupimentos nesta zona. Diante disso, todas as alternativas geradas para este trabalho preveem um dispositivo de movimentação visando evitar este inconveniente (figura 30 - detalhe b1.1. e b.1.3). Isto posto, foram considerados alguns tipos de dispositivo de entrada (figura 27) sendo eles cilíndrico (b.1.1), espiral (b.1.2), cônico (b.1.3), apoio (b.1.4) e em rampa (b.1.5 (a) e b.1.5 (b)).

Figura 27. Tipos de dispositivo de entrada (b.1).



Fonte: Elaborado pela autora.

O dispositivo cilíndrico (b.1.1) apresenta bom espaço interno e condições adequadas para a inserção de um dispositivo de movimentação também interno (como exemplificado em figura 27 - detalhe b.1.1 e b.1.3), assim como o item b.1.3, este ainda, devido ao seu formato, sugere que a passagem das tampas para a próxima zona se dê de forma mais gradual, pois o modelo constitui-se no formato de funil. Já o item b.1.2, perde área interna, mas devido ao espiral, ajuda a ordenar as tampas ainda na zona de entrada. O item b.1.4 foi elaborado visando o uso com galões de 5 l de água, os quais são comumente utilizados pelas entidades e colaboradores do Programa Tampinha Legal para acondicionar as tampas a serem

classificadas. A ideia deste modelo prevê um suporte rotativo que elimina as tampas gradativamente conforme se movimenta axialmente. Os modelos b.1.5 (a) e b.1.5 (b) trata-se de modelos retangulares com um sistema de rampas interno, porém ambos perdem área interna e não garantem uma chegada das tampas para a próxima de zona de forma ordenada.

Como são variados os tamanhos de tampas poliméricas recolhidas pelos participantes do Programa, verificou-se para que para concepção do equipamento este fator poderia dificultar a viabilidade de uma solução de baixo custo, visto que exigiria uma complexidade maior do equipamento. Desta forma, foram categorizados alguns tipos de tampas encontradas para que se pudesse avaliar suas dimensões e então chegar a uma medida que contemplasse as tampas mais comuns e em maior volume de descarte. As tampas foram categorizadas conforme o quadro 18.

Quadro 18. Categorias de tampas poliméricas.

Alimentos	Requeijão, achocolatado, iogurte, molho de tomate, margarina, etc.
Bebidas	Refrigerante, água mineral, suco, leite, etc.
Material de limpeza	Alvejante, detergente, amaciante, etc.
Higiene pessoal	Creme dental, perfumes, cremes, desodorantes, sabão líquido, etc.
Outros	Remédios, presentes, utilitários, etc.

Fonte: Elaborado pela autora.

Uma amostra de tampas (figura 28) foi coletada contendo pelo menos um tipo de cada categoria e foram medidas suas dimensões, desta forma constatou-se que as tampas de garrafas PET utilizadas em embalagens de refrigerantes, água mineral (exceto os galões de 5 l) e leite encontram-se em maior número de descarte, possuem diâmetro entre 2,7 cm e 3,1 cm e alturas que variam entre 0,9 cm e 1,3 cm. As outras categorias, ainda que apresentem algumas tampas dentro destes valores dimensionais, majoritariamente ultrapassam estes valores. Como exemplo traz-se a tampa de achocolatado (diâmetro 8,7 cm e altura 0,7 cm), tampa de desodorante (comprimento 5 cm e altura 5,7 cm) e tampa de amaciante (diâmetro 5,6 cm e altura 5,0 cm), além de os valores dimensionais se diferenciarem entre as categorias de tampas de embalagens elas variam entre marcas também o que impossibilita uma padronização. Já a maior parte das tampas encontradas na categoria de bebidas (refrigerante, água a mineral e leite) mantém um padrão observado, apresentando-se apropriadas para serem

abordadas neste trabalho, sendo escolhido, desta forma, como padrão para serem classificadas tampas que se enquadram nestas dimensões.

Figura 28. Amostra de tampas poliméricas de cada categoria.

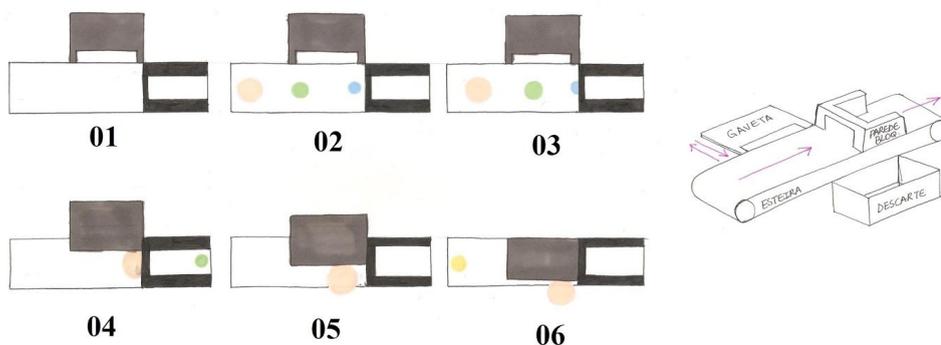


(a) Bebidas (especiais) (b) Alimentos (c) Higiene pessoal (d) Materiais de limpeza (e) Bebidas (refri e água)

Fonte: Elaborado pela autora.

Diante disso, avaliou-se a necessidade de acionar um dispositivo limitador à zona de entrada propiciando que apenas as tampas padrão passem para a zona de ordenação para seguirem no processo de classificação. As tampas fora do padrão devem permanecer no dispositivo de entrada ou serem encaminhadas para um contenedor à parte para posteriormente serem separadas manualmente. Assim sendo, foram elaboradas alternativas que reúnem vários princípios objetivando solucionar este item. Primeiramente na figura 29 é possível observar o tipo em esteira (b.2.1 (a)).

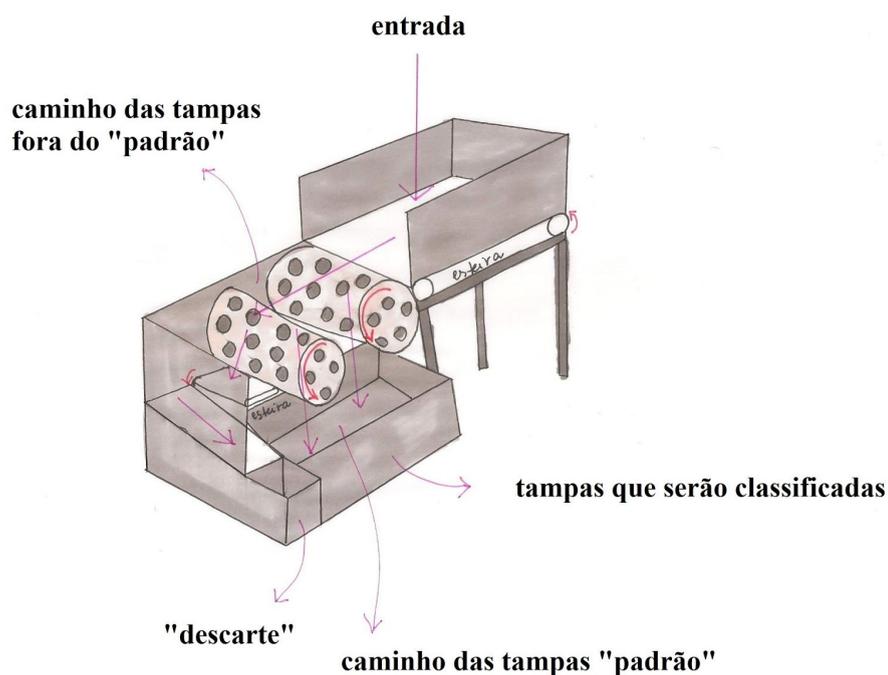
Figura 29. Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (a)).



Fonte: elaborado pela autora.

A esteira funciona juntamente com dispositivo que bloqueia a passagem de tampas grandes, isto é, fora do padrão, e as encaminha para um contenedor a parte. O dispositivo denominado “gaveta”, movimenta para frente para trás a cada vez que o sensor é acionado. O sistema bloqueia tanto peças muito largas quanto muito altas deixando seguir apenas as tampas que passam pela “parede de bloqueio” sem apresentar restrições dimensionais. Já a figura 30 apresenta uma nova proposta, também utilizando um sistema de esteiras (b.2.1 (b)), porém mais robusto e com um dispositivo auxiliar rotativo em grade, semelhante a um sistema para separar tomates. Os cilindros em movimento possuem buracos ao longo da sua superfície, o que limita as tampas pequenas, que caem para um contenedor, e as grandes seguem para uma esteira culminando em uma pilha de descarte.

Figura 30. Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (b)).



Fonte: elaborado pela autora.

A figura 31 mostra os dispositivos b.3.1 (a) e b.3.1 (b), o primeiro (figura 34 (a)) funciona com uma esteira principal, onde passam todas as tampas e uma secundária, que transporta as tampas grandes para uma pilha de descarte localizada acima da esteira principal. O segundo (figura 31 (b)) é constituído de duas esteiras principais separadas por uma distância “x”, quando uma tampa pequena passa por ali ela cai em um contenedor e é levada

para a zona de ordenação e já quando uma tampa grande passa pelo mesmo local ela segue para um contendor de descarte.

Figura 31. Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (c 1) e (c 2)).

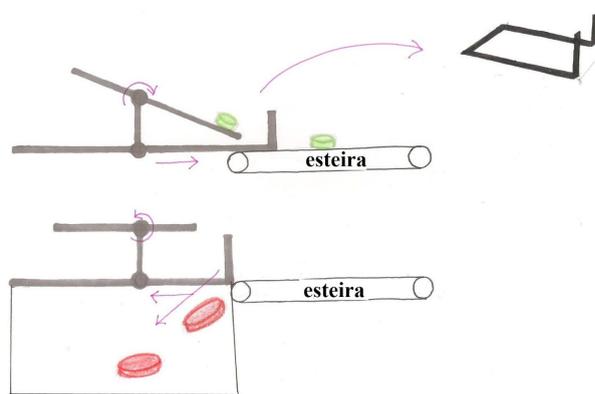


(a) Modelo c.1 (b) Modelo c.2.

Fonte: elaborado pela autora.

Ainda, utilizando esteiras foi elaborado o dispositivo b.2.1 (d) (figura 32), este funciona com um esquema em balanço que deposita as tampas e um sistema em hastes verticais trabalha bloqueando as tampas fora do padrão dimensional adotado, às quais são depositadas em um contenedor de descarte. A função da esteira, neste caso é encaminhar as tampas a serem classificadas para a zona de ordenação.

Figura 32. Tipo de dispositivo limitador em esteira (b.2.1 (d)).

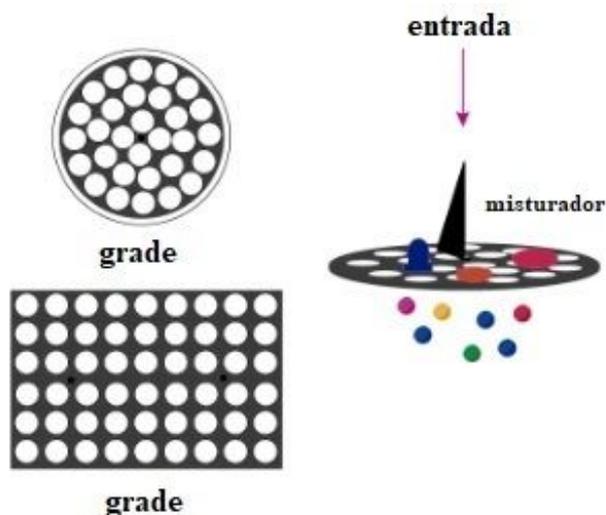


Fonte: elaborado pela autora.

Outro tipo de dispositivo limitador elaborado trata-se de uma grade com círculos de diâmetro específico cortado por toda sua superfície. Este sistema mantém as tampas grandes

e, através dos buracos, as tampas pequenas caem para então serem encaminhadas para zona de ordenação. Na figura 33 pode-se observar o modelo e ainda verificar a existência do dispositivo misturador, que já foi aplicado nos em itens vistos anteriormente. Observa-se também que a grade pode ser tanto circular quanto retangular, dependendo da sua aplicação nos dispositivos de entrada.

Figura 33. Tipo de dispositivo limitador em grade (b.2.2).

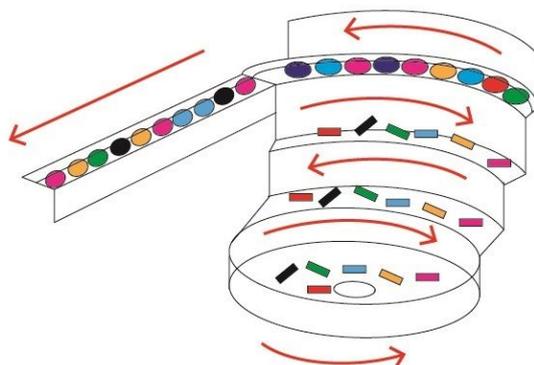


Fonte: elaborado pela autora.

4.2.3 Zona de ordenação

A zona de ordenação foi definida como item (c) da matriz morfológica (apêndice G). Para a zona de ordenação buscou-se a criação de propostas de sistemas para garantir a ordenação das tampas antes da chegada à zona de classificação. Estas duas zonas devem atuar em conformidade, já que para uma classificação de cor bem sucedida a medição deve ser realizada individualmente sem a interferência de outras cores. Foram elaborados esboços que contemplam o tipo de componente ordenador, sendo eles espiral (c.1.1), circular / radial (c.1.2 (a) e c.1.2 (b)), côncavo (c.1.3), esteira em rampa (c.1.4) e estilo moinho (c.1.5). Iniciando pela proposta de componente em espiral (figura 34), o caminho seguido pelas tampas acontece de baixo para cima. A medida que a estrutura gira, as tampas vão se ajustando às laterais da estrutura, que apresenta três níveis de elevação, sendo que no último nível as tampas chegam ordenadas culminado para a pista final, onde serão transportadas para a zona de classificação.

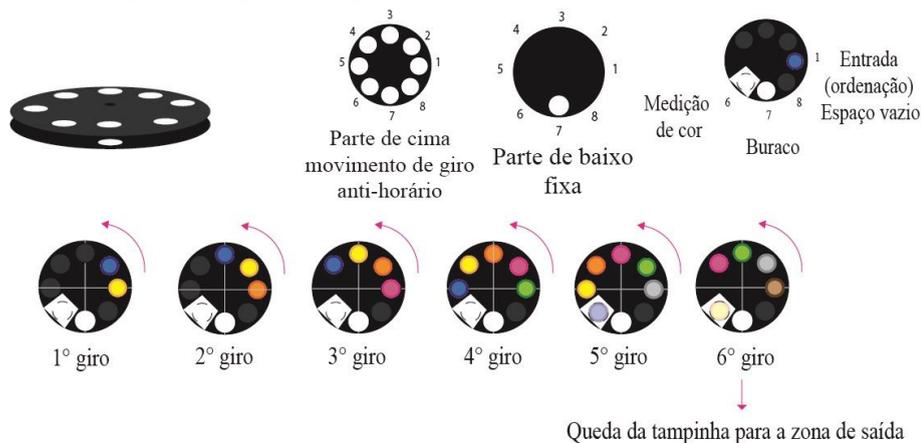
Figura 34. Tipo de componente ordenador espiral (c.1.1).



Fonte: elaborado pela autora.

Para o componente ordenador circular/radial (c.1.2) foram apresentadas duas propostas (a e b). O primeiro (a) (figura 35) apresenta duas porções: a superior, que se mantém em giro anti-horário e apresenta orifícios com diâmetro maior do que o diâmetro da tampa e a inferior, que se mantém fixa, porém apresenta apenas um orifício em um local determinado. Na posição número 1 (conforme figura 38) é o local onde entram as tampas e, a cada giro, uma nova tampa é adicionada até que cada uma chegue à posição número 6 onde é feita a medição de cor por um sensor RGB. Após, ela segue para a posição 7, onde após a queda é encaminhada para a zona de saída. O ciclo se mantém constante até não haver mais tampas na posição de entrada.

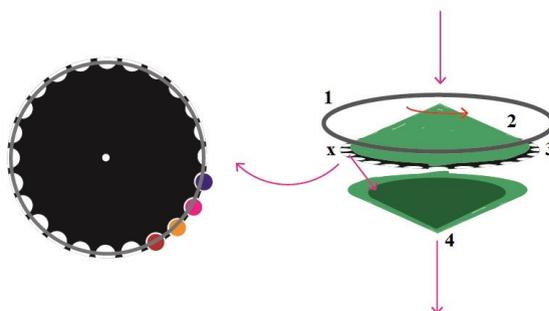
Figura 35. Tipo de componente ordenador circular/radial (c.1.2 (a)).



Fonte: elaborado pela autora.

Já o sistema (b) (figura 36) é composto por quatro elementos: 1- responsável por ajustar o modo como a tampa deve chegar ao orifício de base, 2 - contribui para que as tampas se depositem nas laterais do círculo ordenador, 3- local onde as tampas devem ficar ordenadas (círculo ordenador), 4 - caminho até a zona de classificação e saída. Os elementos 2 e 3 se mantêm em giro constante enquanto os elementos 1 e 4 são fixos, cada vez que a tampa assume a posição “x” ela sofre uma queda, sendo transportada para o elemento 4.

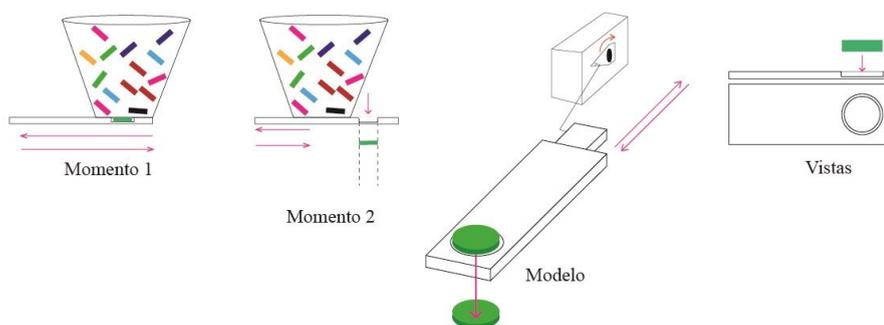
Figura 36. Tipo de componente ordenador circular/radial (c.1.2 (b)).



Fonte: elaborado pela autora.

O componente ordenador côncavo (c.1.3) (figura 37) foi elaborado visando uma atuação conjunta com a zona de entrada, isto é, com o dispositivo de entrada do equipamento. Uma chapa com uma concavidade na superfície superior realiza movimentos para a direita e esquerda, ora barrando a peça (momento 1) ora liberando-a (momento 2). Após a liberação a tampa deve ser encaminhada para as zonas seguintes.

Figura 37. Tipo de componente ordenador côncavo (c.1.3).

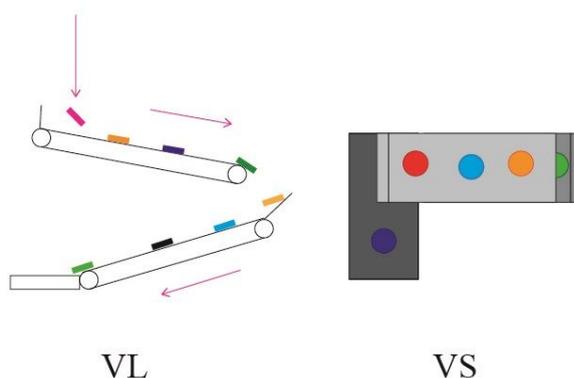


Fonte: elaborado pela autora.

Outro modelo elaborado trata-se do componente denominado esteira em rampa (c.1.4) (figura 38) o sistema atua com três esteiras, sendo duas posicionadas horizontalmente e em

ângulo, imitando uma rampa e a terceira na posição usual no sentido vertical (considerando a vista superior). O sistema também atua em níveis (considerando a vista lateral), o primeiro, onde entram as tampas a serem ordenadas e o segundo onde as tampas se ordenam devido o movimento da esteira, o terceiro (nível do solo) serve para dar continuidade à ordenação e transportá-las até a zona de classificação.

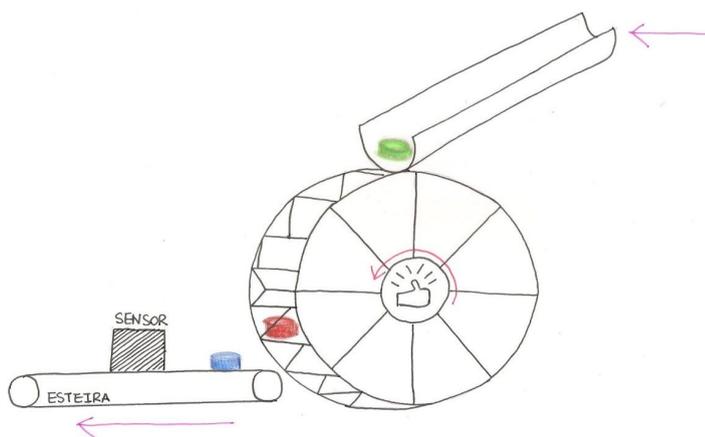
Figura 38. Tipo de componente ordenador esteira em rampa (c.1.4).



Fonte: elaborado pela autora.

O quinto componente elaborado para zona de ordenação trata-se de um sistema estilo moinho (c.1.5) (figura 39) em que agrega a zona de entrada e a zona de classificação em sua estrutura. Atuando conjuntamente com uma esteira para auxiliar na passagem das tampas pela zona de classificação.

Figura 39. Tipo de componente ordenador estilo moinho (c.1.5).



Fonte: elaborado pela autora.

4.2.4 Zona de classificação

A zona de classificação foi definida como item (d) da matriz morfológica (apêndice G). A zona de classificação tem como principal função a medição óptica, a qual será realizada por um sensor de cor RGB utilizado em conjunto com uma placa Arduino. De acordo com tópico 2.5 deste trabalho, foram avaliados dois tipos de sensores que funcionam de forma semelhante. Segundo Nardi (2018), estes sensores detectam o nível de cores vermelho, verde e azul e suas derivações, já o branco e preto são diferenciados através da intensidade luminosa refletida. Durante a programação da placa serão definidos os níveis de RGB contidos em cada cor e assim armazenados na biblioteca do sistema para que se consiga conferir as cores corretas durante o funcionamento do equipamento.

As cores separadas em maior volume pelo processo manual atualmente utilizado pelas entidades cadastradas no Programa Tampinha Legal são: verde, azul, vermelho, amarelo, laranja, branco e preto. Existem ainda tampas nas cores, rosa, lilás, cinza, dourado, entre outras que são encontradas em menor quantidade. Para fins de simplificação, neste trabalho optou-se por manter essas cores menos comuns em um contenedor único para posterior separação manual.

Verificou-se ainda que haja algumas restrições que devem ser levadas em consideração na geração de alternativas para a zona de classificação, primeiramente refere-se ao sensor óptico que, de acordo com Nardi (2018), deve ter proteção contra a luminosidade ambiente, visto que isto dificulta o processo de medição. Nos quadros 6 e 7 deste trabalho é possível verificar algumas características dos sensores encontrados no mercado, desta forma um dos modelos apresenta filtro IR que filtra os raios UV garantindo uma medição mais precisa, no modelo em que este filtro não vem acoplado sugere-se acoplar uma unidade visando a mesma finalidade. Para uma medição de cor precisa considera-se uma distância mínima de 10 mm entre o item a ser classificado em área sensível do sensor. Ainda é importante ressaltar que, os sensores analisados possuem um tempo de resposta de entre 1 e 2 segundos para cada medição, o que deve estar em conformidade com os tempos de funcionamento das zonas anteriores e posteriores que compõem o equipamento para que não ocorra aglomerações na zona de classificação.

Outro tipo de restrição avaliada encontra-se no processo de entrada de tampas na zona de classificação, dependendo da posição que a tampa assume no momento da medição ela

pode prejudicar a correta medição. O quadro 19 apresenta três possíveis posições em relação ao sensor óptico e suas particularidades.

Quadro 19. Posições que as tampas podem assumir na zona de classificação.

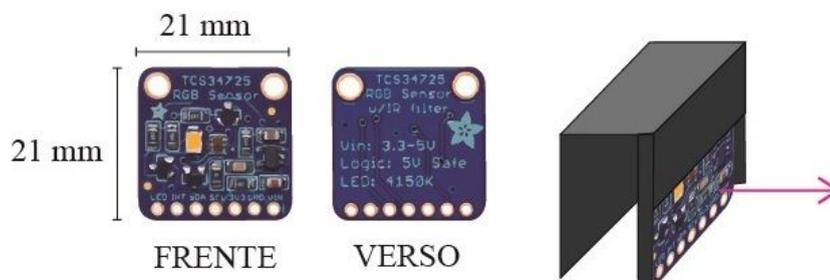
	Imagem	Posição	Observação
A		Superior	O rótulo pode atrapalhar a correta medição pelo sensor óptico.
B		Lateral	Nesta posição há uma continuidade na coloração e não há estampagem superficial.
C		Inferior	O dispositivo interno de vedação pode atrapalhar a correta medição pelo sensor óptico.

Fonte: elaborado pela autora.

Desta forma, a melhor posição para que a tampa assuma no momento da medição é a lateral, podendo apresentar a parte estampada para cima ou para baixo, conforme observado no item B do quadro 19. Nessa posição a cor é uniforme e não há rótulos e estampagens na superfície, o que garante que a medição será realizada de forma correta. Também se observou que, para esta zona além de obedecer aos parâmetros listados para uma correta medição, é necessária apenas uma estrutura que permita a fixação do sensor. Esta pode ser acoplada junto à zona de ordenação ou zona de saída.

A figura 40 mostra as medidas padrão (21 mm x 21 mm) de um modelo de sensor de cor para utilização com Arduino em seguida, ao lado, mostra um exemplo de como o sensor deve ser fixado em uma estrutura de apoio. É possível notar que a estrutura de apoio pode ser uma chapa de determinado material com opção de encaixe ou com aberturas para a colocação de pequenos parafusos para manter o sensor fixo.

Figura 40. Tipo de componente estrutura de encaixe (d.1.1).

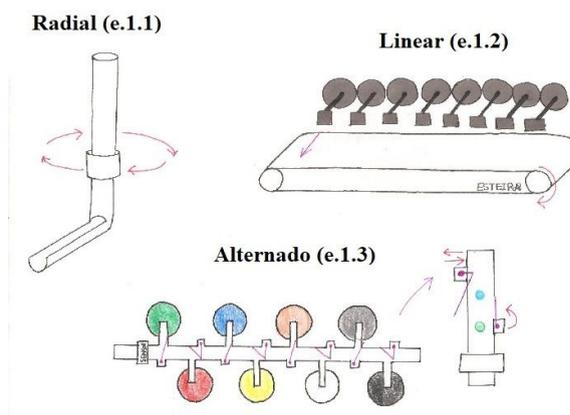


Fonte: elaborado pela autora.

4.2.5 Zona de saída

A zona de saída foi definida como item (e) da matriz morfológica (apêndice G). Para a zona de saída foram elaborados esboços que contemplam três tipos de estratégia de saída para as tampas já classificadas: radial, linear e alternada. Na figura 41 é possível observar as três propostas. Na estratégia radial (e. 1.1) o fluxo de distribuição se dá num ângulo de 360°, na linear (e.1.2) o fluxo se dá da esquerda para a direita e existe um dispositivo ejetor para cada uma das cores classificadas e precisa do auxílio de uma esteira para ter sua funcionalidade atendida. Já a estratégia alternada, um sistema de hastes se movimenta bloqueando a passagem e enviando a tampa para o contendor correto, este também funciona em conjunto com uma esteira (e.1.3).

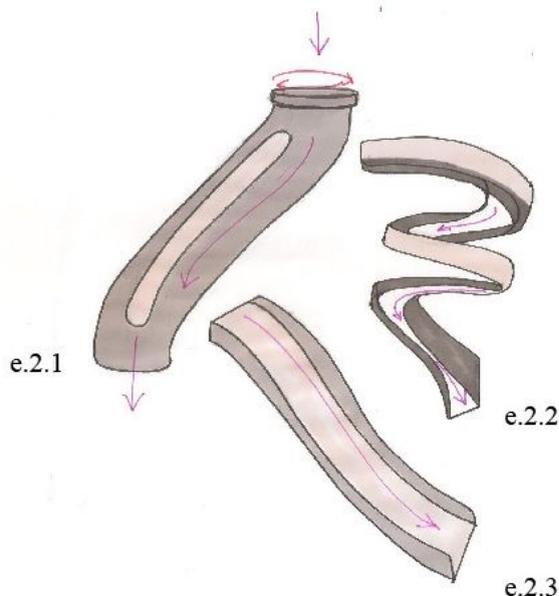
Figura 41. Estratégia de saída radial (e.1.1), linear (e.1.2) e alternado (e.1.3).



Fonte: elaborado pela autora.

Para este item ainda foram elaborados opções de dispositivos de saída: “torneira”, espiral e rampa (figura 42) estes auxiliam na passagem da tampa já classificada para o seu respectivo contenedor.

Figura 42. Tipo de dispositivo de saída “torneira” (e.2.1), espiral (e.2.2) e rampa (e.2.3).



Fonte: elaborado pela autora.

O dispositivo em “torneira” (e. 2.1) pode ser efetivo para esta função, porém deve ser observado o diâmetro para evitar possíveis entupimentos devido ao seu formato. O em espiral (e.2.2) mantém a ordenação, mas a tampa pode levar mais tempo até à queda. Já o dispositivo em rampa (e. 2.3) possui abertura, o que previne quaisquer obstruções e o caminho até o contenedor alvo é único e contínuo.

4.2.6 Interface de controle

A interface de controle foi definida como item (f) da matriz morfológica (apêndice G) Entende-se por interface a zona de interação do sistema em funcionamento com o usuário, isto é, a forma como eles se conectam. Verificou-se que a emissão desses feedbacks pode se dar de três tipos neste equipamento: botões e leds, *display* ou misto. Os botões atendem funções objetivas como ligar, desligar e pausar o sistema, já os avisos sonoros e/ou luminosos emitem alertas quando uma cor é selecionada, por exemplo. O painel digital exhibe informações

escritas e indica os passos para que o usuário opere o equipamento e, além disso, emitem os resultados de classificação de cor por nome em tempo real. O tipo misto, por sua vez, reúne características de ambos em suas propostas de solução.

Como geração de alternativas, optou-se neste item, pela busca de opções de componentes compatíveis com a plataforma Arduino disponíveis no mercado, a fim de montar um quadro de opções levando em conta valores e viabilidade de uso. O apêndice H mostra as opções encontradas que contemplam as possíveis soluções para botões e *leds*. Da mesma forma, para contemplar o item “f.1.2 Display” foi realizado o mesmo trabalho de busca e os resultados podem ser observados no apêndice I.

4.2.7 Acessórios

Os acessórios para o equipamento foram definidos como item (g) da matriz morfológica (apêndice G). Tendo em vista que o baixo custo é um dos requisitos direcionadores deste trabalho, para se obter um maior número de alternativas economicamente viáveis, investigou-se os materiais e processos aplicados nos objetos de apoio já utilizados pelo Programa Tampinha Legal. Desta forma, as soluções geradas são norteadas objetivando a utilização de tais tecnologias. Entende-se por materiais de apoio (figura 43) os coletores de tampa (c) distribuídos para nos pontos de coleta participantes, sacos de hortifrúti (d), bem como outros objetos utilizados em ações externas realizadas pelo Programa (a e b). Sendo assim, foram observados os usos de polímeros como PVC, PP, PEAD, PEBD, acetato, acrílico e metal.

A proposta de utilizar tais materiais foi posta em discussão com a coordenadoria para que fosse possível validar se esta seria uma solução interessante em termos de redução de custos. A coordenadoria do Programa afirmou que, principalmente, os coletores de acetato são fáceis de serem adaptados e alterados dimensionalmente. No que diz respeito à utilização dos sacos de hortifrúti, a proposta seria adaptar uma estrutura para que os sacos fossem acoplados diretamente a ela, utilizando para isso alguns desses materiais, o que para a coordenadoria seria uma solução que atenderia também aos requisitos de otimização da tarefa, eliminando a etapa de transposição das tampas. Investigou-se também, junto à coordenadoria, os valores dimensionais dos coletores de acetato já utilizados e dos sacos de hortifrúti e a capacidade dos mesmos obtendo assim valores base.

Figura 43. Materiais de apoio utilizados pelo Programa Tampinha Legal.

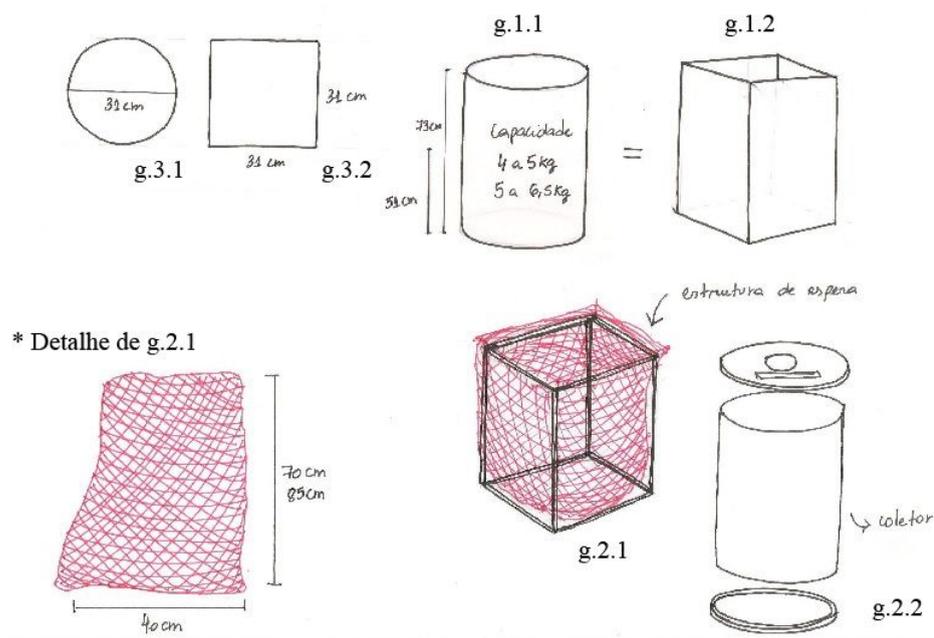


(a) Contenedor gigante (b) andador de praia MOVA (c) coletores (d) saco de hortifruti

Fonte: (a) SINPLAST (2016), (b) SINPLAST (2017), (c) SINPLAST (2017), e (d) da autora.

Sendo assim, foram geradas algumas alternativas obedecendo aos propósitos investigados e aos princípios gerados para o item “g” da matriz morfológica sendo eles: g.1 formato, g.2 tipo, g.3 base e g.4 disposição. Nos primeiros esboços (figura 44), foram considerados os formatos retangular e cilíndrico para os contenedores, relacionando também valores dimensionais e de capacidade. Em seguida os formatos de base/topo e, ainda, os tipos g.2.1 coletor e g.2.2 estrutura de espera para sacos.

Figura 44. Formato (g.1), tipo (g.2) e base/topo (g.3) e suas derivações.

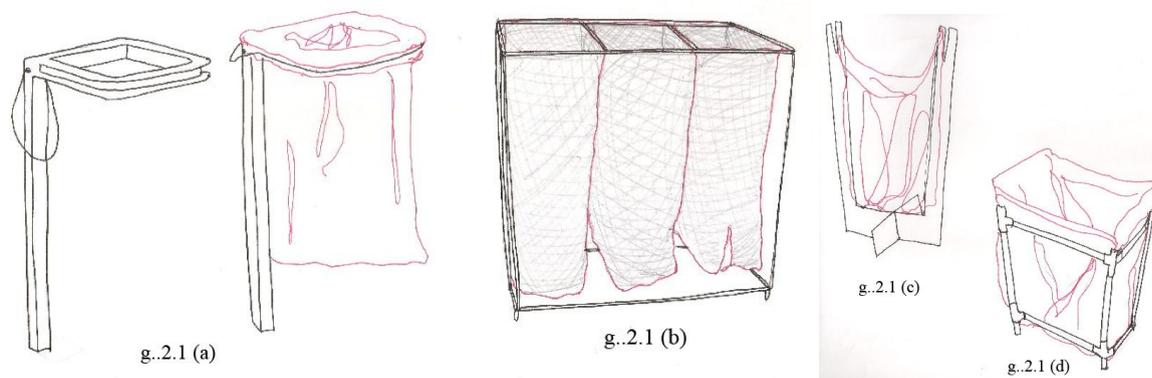


Fonte. Elaborado pela autora.

Neste tópico, a base padrão investigada é a redonda e possui diâmetro de 31 cm, para os coletores atualmente utilizados no Programa e contam com duas alturas distintas: 51 cm e 73 cm os quais possuem capacidades de 4 a 5 kg e de 5 a 6,5 kg respectivamente. Já a base quadrada foi criada utilizando-se o valor de 30 cm x 30 cm (largura e comprimento), para que se tivesse um valor de base confiável em realização a alturas e capacidade. Um saco de hortifrúti cheio de tampas ocupa, aproximadamente, 40 cm de comprimento 85 cm de altura, segundo a coordenação do Programa.

Uma característica interessante do coletor de acetato utilizado é que ele é totalmente desmontável. Sendo que a base e o topo possuem o mesmo diâmetro e o corpo do coletor, quando desmontado, transforma-se em uma chapa com dimensões já especificadas. Essa característica atende aos requisitos de montagem e desmontagens facilitadas. Seguindo com as alternativas, foram elaborados alguns esboços que contemplam o tipo “g.2.2 estrutura para sacos” e também outras opções para os coletores. A figura 45 apresenta quatro possíveis soluções estruturais.

Figura 45. Estrutura de espera para sacos (g.2.1 (a), (b), (c) e (d)).



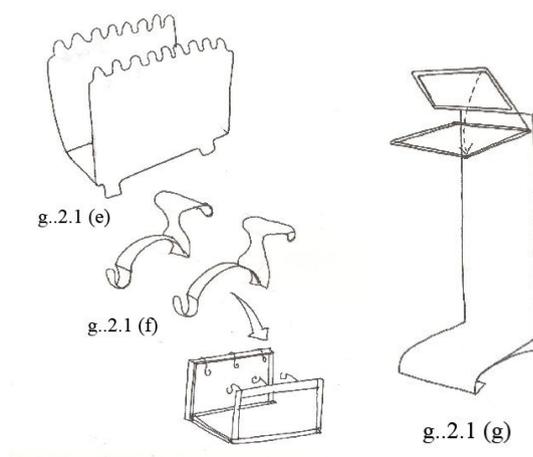
Fonte: Elaborado pela autora.

Da esquerda para direita, primeiramente, observa-se uma estrutura vertical (a) na qual apresenta o topo com ranhuras nas laterais, sugerindo que o saco seja acondicionado de cima para baixo deixando as bordas superiores para fora, para, posteriormente, um elástico cobrir as ranhuras deixando-o firme e temporariamente fixo na estrutura. O próximo (b) apresenta-se mais robusto, com base retangular e estruturalmente fixo prevendo a utilização de metal para a armação. O exemplo comporta três sacos, porém o mesmo poderia ser adaptado para comportar um maior número de sacos. No terceiro esboço (c) pode-se observar duas

estruturas individuais, uma sugerindo uma estrutura montável e fina tipo silhueta servindo apenas que o saco se mantenha aberto durante o processo. E outra (d), mais elaborada, sugerindo uma montagem por conexões como às utilizadas em tubulações de PVC ou conectores manufaturados via em impressão 3D para conectar outros materiais como madeira ou, até mesmo, metais.

Ainda contemplando o item “g.2.2”, a figura 46 sugere outras soluções, da esquerda para a direita, o primeiro esboço (e) mostra mais um tipo de estrutura montável, sendo esta constituída por três partes: duas laterais e uma base. Neste modelo a parte superior é responsável por manter o saco aberto de forma que às reentrâncias do saco se conectam com as reentrâncias da forma que segue em toda sua borda superior uma espécie de côncavo e convexo. No mesmo esboço, observa-se uma proposta de ganchos (f) visando a mesma finalidade, podendo ser aplicado em estruturas diversas compostas ou individuais. Já o último (g), se assemelha ao primeiro exemplo visto (a), porém apresenta-se um pouco mais complexo, pois existem estruturas que trabalham em conjunto uma fixa (inferior) e outra móvel (superior). Neste caso, o saco fica seguro quando a estrutura móvel se encaixa na fixa, onde se encontram as bordas do saco de hortifrúti.

Figura 46. Estrutura de espera para sacos g.2.1 (e, f, e g).

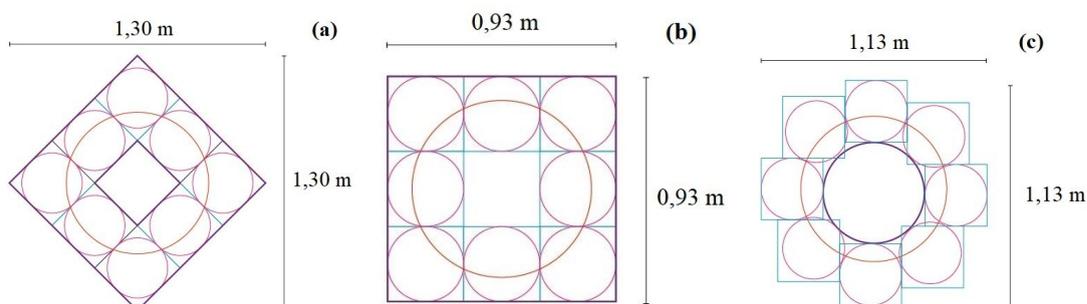


Fonte: Elaborado pela autora.

Já para contemplar o item “g.4 Disposição” foram elaborados esquemas de possíveis formas de distribuição dos contenedores visando a utilização de oito unidades para contemplar o número de cores que serão classificadas. Para a elaboração desses esquemas optou-se pela utilização de software de desenho para possibilitar melhor precisão. Os

esquemas estão representados em escala reduzida, porém serão considerados os valores de escala real. A figura 47 que segue mostra os esquemas para base/topo redonda e quadrada contemplado os itens g.4.1, g.4.2 e g.4.3 da matriz morfológica.

Figura 47. Contenedores inscritos em losango (g.4.1), quadrado (g.4.2) e circunscrito em círculo (g.4.3).

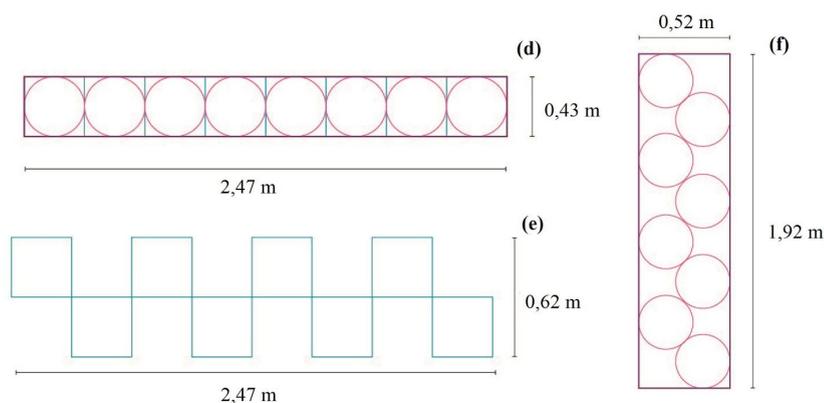


(a) losango (b) quadrado e (c) círculo

Fonte: elaborado pela autora.

Considerando os valores dimensionais de base/topo e capacidade já estipulados, para o esquema de disposição dos contenedores inscritos em losango (a) (representado pela linha de cor roxa) tem-se o valor de 1,30 m x 1,30 m tanto para a base/topo quadrada quanto para a redonda. Já para a situação dos mesmos inscritos em um quadrado (b) o valor cai para 0,93 m x 0,93 m, já para a situação de circunscrição em círculo (c) o valor dimensional é de 1,13 m x 1,13 m. Em todas as imagens é possível observar um círculo vermelho sobreposto, este representa o giro da zona de saída, isto é, o caminho radial que o dispositivo de saída irá percorrer nestas opções. Continuando a formulação dos esquemas, elaboraram-se as disposições linear (g.4.4) e alternada (g.4.5) conforme segue na figura 48.

Figura 48. Contenedores em disposição linear (g.4.4) e alternada (g.4.5).



(d) linear, (e) alternado base/topo quadrada e (f) alternado base/topo redonda.

Fonte: elaborado pela autora.

Observa-se que a disposição linear (d) a largura segue o valor da base do contenedor redonda ou quadrada, já o comprimento, considerando os oito contenedores alinhados, supera muito os valores verificados nas outras propostas de disposição (2,47 m). Para a disposição alternada com base/topo quadrada (e) o valor de comprimento é o mesmo, e o valor de largura é o dobro da disposição linear. Já para a disposição alternada em base redonda (f) o comprimento fica 1,92 m e a largura 0,52 m.

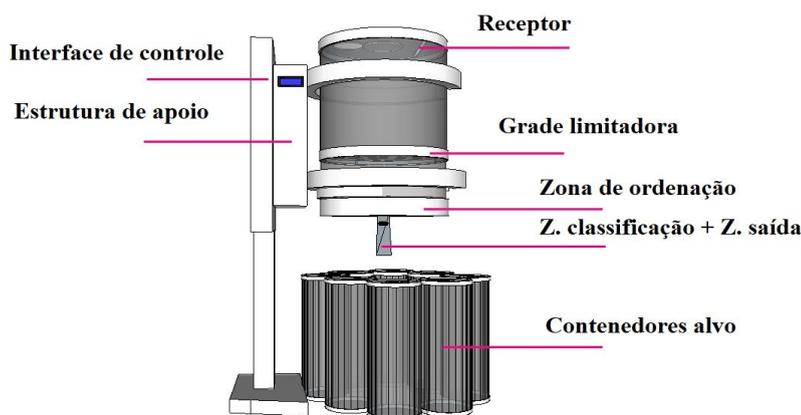
4.2.8 Alternativas preliminares do equipamento

Conforme explicado no tópico 4.2 deste trabalho, para a elaboração das alternativas preliminares foram associados alguns itens da matriz morfológica a fim de criar opções viáveis de um equipamento para segregação por cor de tampas poliméricas em situação de pós-consumo. Desta forma, após análise prévia, foram elaboradas quatro alternativas de equipamento, as quais serão detalhadas a seguir.

4.2.8.1 Alternativa 01

O modelo de alternativa número 01 (figura 49) apresenta estrutura de apoio com fluxo vertical, a zona de entrada é composta de um receptor cilíndrico com um dispositivo limitador em grade associado a um sistema misturador.

Figura 49. Alternativa 01: partes do equipamento.

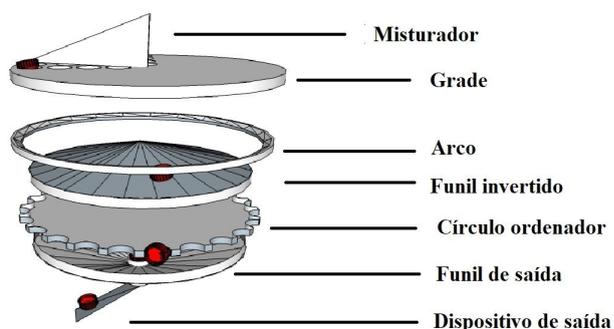


Fonte: Elaborado pela autora.

As dimensões gerais do equipamento considerando altura x comprimento x profundidade são 1,50 m x 1,00 m x 1,20 m, o receptor possui diâmetro de 0,51 m e altura de 0,80 m, já os contenedores alvo medem 31 de diâmetro e 85 cm de altura. Os acessórios que compõem o equipamento são contenedores alvo do tipo coletor dispostos de forma circular.

Detalhando a zona de entrada (figura 50) é possível observar que ela traz uma proposta montagem modular, facilitando o encaixe da grade limitadora. A zona de ordenação foi baseada no item c.1.2 (b) da matriz morfológica, observa-se também que é possível observar o caminho que a tampa percorre até a zona de saída. .

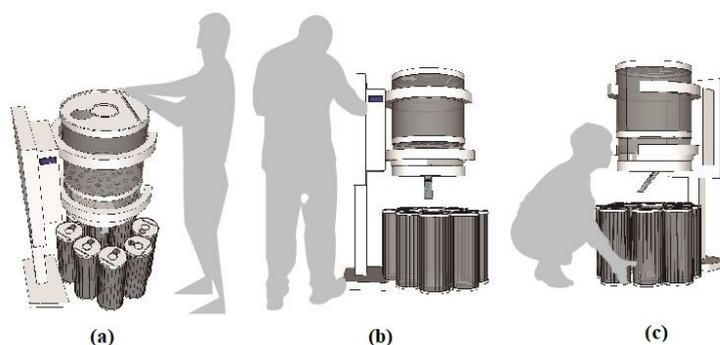
Figura 50. Alternativa 01: detalhes da zona de ordenação.



Fonte: elaborado pela autora.

Quanto às zonas de interação do usuário com equipamento, elas se dão de três formas (figura 51): na zona de entrada (a) para colocação das tampas a serem separadas e na posterior retirada das tampas de descarte, durante a operação da interface de controle e a ligação do equipamento na corrente elétrica (b) e durante a manipulação dos contenedores alvo (c).

Figura 51. Alternativa 01: zonas de interação com o usuário.

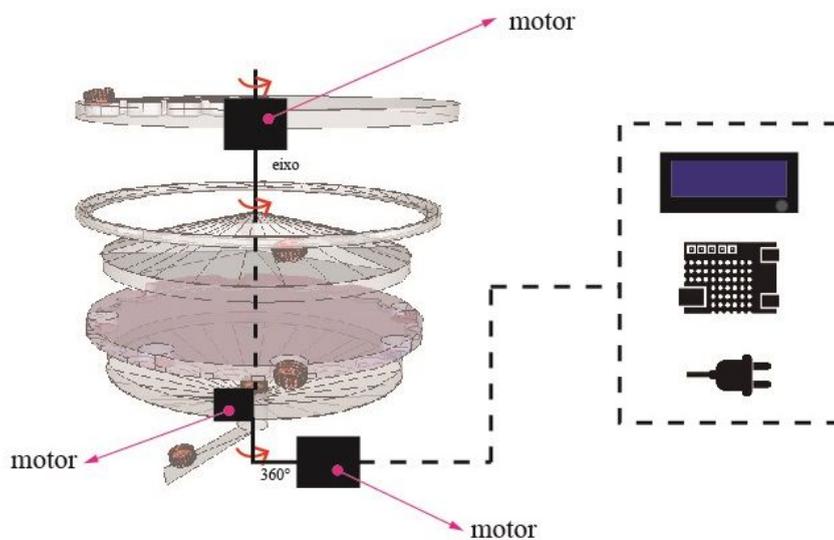


(a) zona de entrada (b) interface (c) acessórios

Fonte: elaborado pela autora.

Buscando prever os componentes do sistema interno, foi elaborado um breve esquema (figura 52) em que se pode observar que, para este modelo, seria necessário a atuação de três motores, além do sensor de cores RGB e dos cabos e conexões que devem atuar junto a placa Arduino. Ainda há interação da interface de controle e a ligação na corrente elétrica.

Figura 52. Alternativa 01: previsão do sistema interno.



Fonte: elaborado pela autora.

4.2.8.2 Alternativa 02

A alternativa 02 apresenta fluxo vertical e é estruturada através da combinação dos formatos: cilíndrico e estrutura de apoio. A zona de entrada também combina dois tipos diferentes: o receptor cilíndrico com o tipo cônico (ou funil). O modelo conta com também com o dispositivo limitador em grade associado um sistema misturador. A zona de ordenação atua na estratégia radial/circular e possui a zona de classificação acoplada a seu sistema, já a zona de saída movimenta-se de forma radial/circular e conta com um dispositivo de saída em rampa.

Para este modelo foi proposto uma interface de controle analógica, contando com apenas botões para alternar e selecionar as funções do equipamento. Os acessórios que compõem o equipamento são contenedores alvo do tipo coletor e ficam dispostos no formato circular. Na figura 53 observa-se de forma esquemática a localização de cada parte do equipamento.

Figura 53. Alternativa 02: partes do equipamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Este modelo, devido a sua estrutura externa, cobre parte da zona de entrada e as zonas subsequentes, por isso para melhor entendimento o esquema inserido na figura 54 mostra os detalhes de cada zona. A zona de entrada também é modular e separa a grade do receptor cilíndrico e do receptor cônico (funil). A zona de ordenação, por sua vez, é uma combinação dos itens c.1.2.(a) e c.1.3 da matriz morfológica, o funcionamento desse sistema também se dá por meio de eixos e movimentação circular. A zona de classificação, como dito anteriormente é acoplada a este sistema. Já a zona de saída, atua sozinha através de movimentos circulares num raio de giro de 360°.

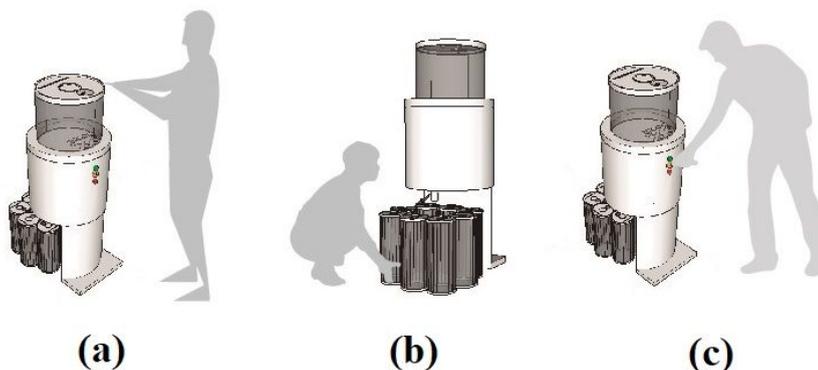
Figura 54. Alternativa 02: detalhe das zonas que compõem o equipamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para este modelo as dimensões gerais considerando altura x comprimento x profundidade são 1,50 m x 1,00 m x 1,12 m, o receptor possui diâmetro de 0,45 m e altura de 0,72 m, já os contenedores alvo medem 31 de diâmetro e 85 cm de altura. Na figura 55 é possível observar algumas vistas do equipamento sem escala juntamente com a representação das zonas de interação do equipamento com o usuário (a), (b) e (c).

Figura 55. Alternativa 02: vistas do equipamento e zonas de interação com o usuário.

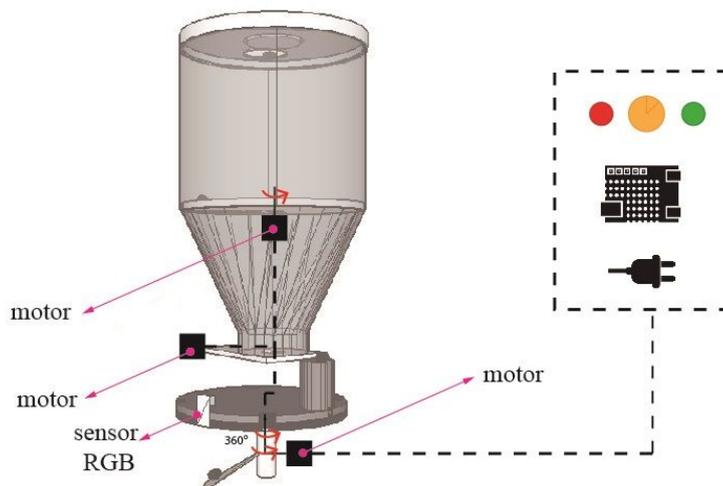


(b) zona de entrada (b) acessórios (c) interface

Fonte: Elaborado pela autora.

Através do esquema de previsão de componentes internos deste equipamento (figura 56) é possível observar que o sistema conta com três motores para funções diferentes, além de eixos e sistemas de movimentação e rotação ligados à placa do sistema, à interface analógica e à rede elétrica.

Figura 56. Alternativa 02: prévia do sistema interno.

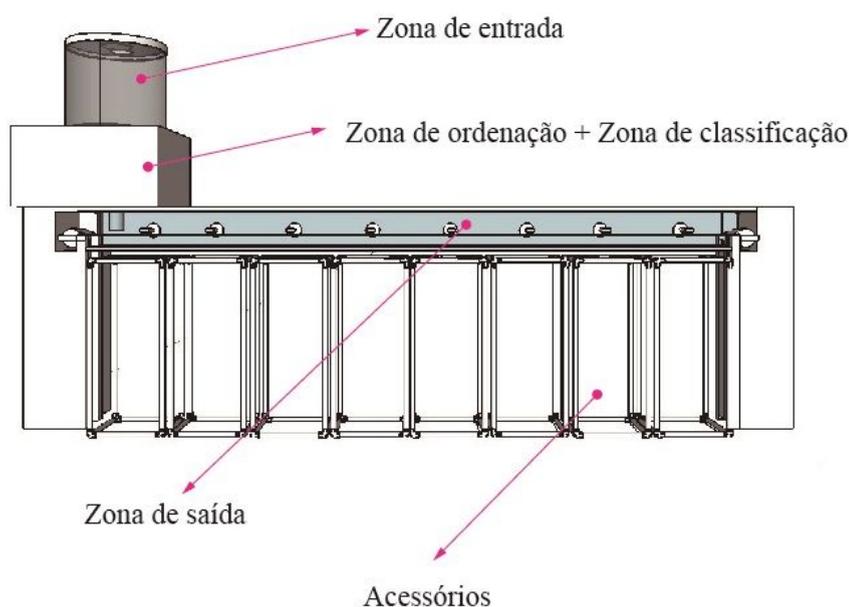


Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.8.3 Alternativa 03

A terceira alternativa apresenta-se dimensionalmente maior que as demais, com fluxo horizontal e zona de saída linear, o que implica em sistemas mais complexos de funcionamento. A zona de entrada, por sua vez, consiste na mesma utilizada na alternativa 02, porém, a zona de ordenação é diferenciada, utilizando-se apenas do item c.1.3 da matriz morfológica e interligando-o à zona de classificação que se localiza junto à saída da zona de ordenação. Outro diferencial desse modelo se dá na troca dos contenedores alvo do tipo coletor por estruturas de espera para sacos de hortifrúti, com esse modelo é possível eliminar umas das etapas do processo de separação por cor (passagem do coletor para o saco de hortifrúti para posterior entrega ao reciclador). Na figura 57 pode-se observar o esquema de divisão de partes deste modelo.

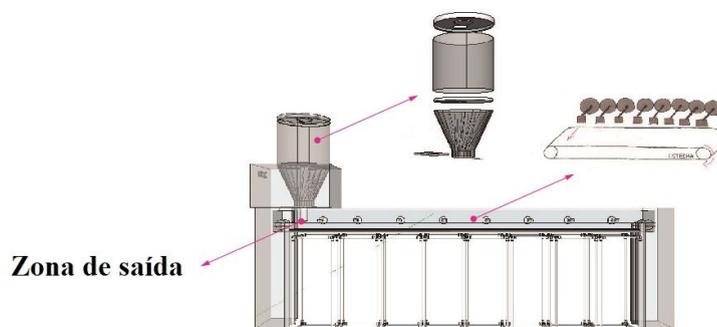
Figura 57. Alternativa 03: partes do equipamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na figura 58 pode-se perceber a diferença do modelo 02 em relação ao funcionamento da zona de ordenação, este se apresenta mais simplificado, porém também é possível verificar que ao utilizar a estratégia linear (item e.1.2 da matriz morfológica) para o sistema de saída, tem-se um modelo muito alongado horizontalmente e mais complexo em termos de funcionamento.

Figura 58. Alternativa 03: detalhes internos.



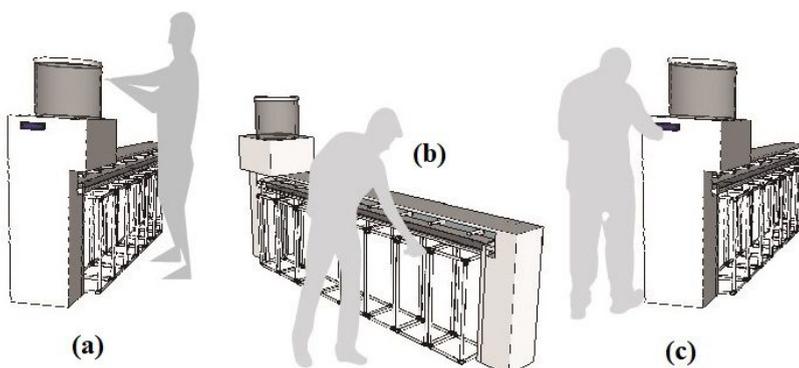
Fonte: Elaborado pela autora.

Para este modelo as dimensões gerais considerando altura x comprimento x profundidade são 1,50m x 3,10 m x 0,45 m, o receptor possui diâmetro de 0,40 m e altura de 0,62 m, já as estruturas de espera para sacos de hortifrúti (contenedores alvo) medem 30 de base/topo e 70 cm de altura.

Em se tratando de componentes internos, para este modelo foram previstos dois motores para funções de componentes diferentes, além de eixos e sistemas de movimentação e rotação ligados à esteira, à interface e à rede elétrica.

Quanto às zonas de interação do usuário com equipamento, elas se dão de três formas (figura 59): na zona de entrada (a) para colocação das tampas a serem separadas e na posterior retirada das tampas de descarte, durante a operação da interface de controle (b) adicionando a este ainda a ligação do equipamento na corrente elétrica e durante a manipulação dos contenedores alvo (c).

Figura 59. Alternativa 03: zonas de interação com o usuário.



(a) zona de entrada (b) acessórios (c) interface

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.8.4 Alternativa 04

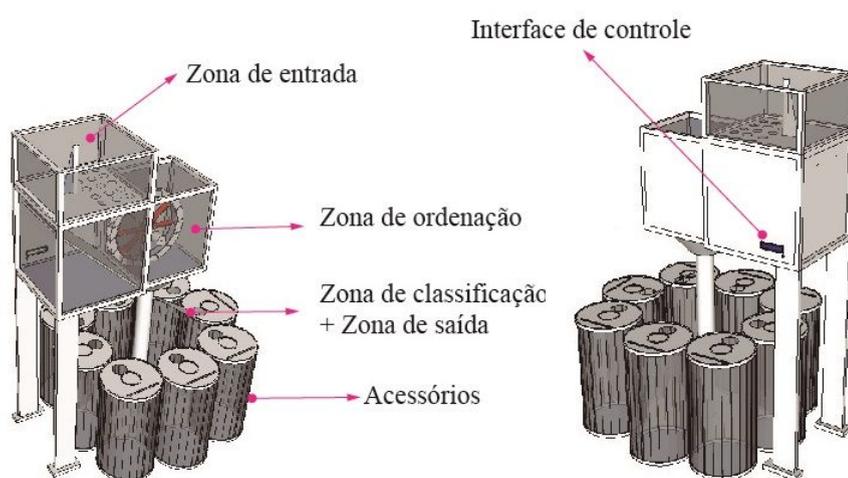
O quarto modelo possui fluxo de sistema misto, já que o caminho desde a entrada das tampas até a saída das mesmas é diverso. O modelo apresenta uma estrutura de apoio que suporta uma estrutura retangular com módulos também retangulares, estes compreendem a zona de entrada e a zona de ordenação.

O receptor conta com uma grade limitadora conforme já observado nas alternativas anteriores, mas difere no formato, pois trata-se de uma base retangular e não circular como nos outros modelos. Conta também com um dispositivo misturador para movimentar as tampas e auxiliar na queda das mesmas para as zonas subsequentes.

A zona de ordenação compreende o item c.1.5 da matriz morfológica, um sistema de estilo moinho mantém as tampas ordenadas e alinhadas até à chegada a zona de classificação e saída, que atuam juntas neste modelo. A saída das tampas se dá por um dispositivo de rampa que se movimenta num campo de 360°.

A interface de controle utilizada mista contando com um display e um botão para a troca de funções. Já os acessórios, escolhidos para este modelo são contenedores alvo do tipo coletor, dispostos de forma circular. A figura 60 ilustra a divisão de partes deste modelo.

Figura 60. Alternativa 04: partes do equipamento.

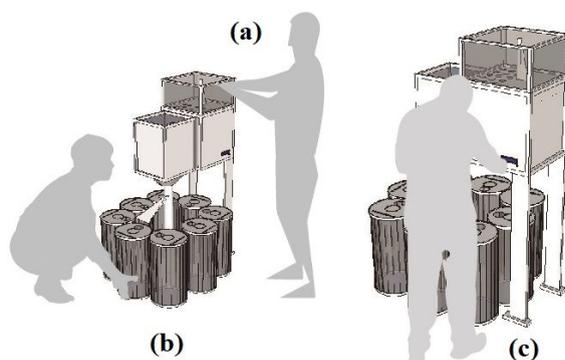


Fonte: Elaborado pela autora.

As dimensões gerais do modelo considerando altura x comprimento x profundidade são 1,50 m x 1,00 m x 1,20 m, o receptor possui diâmetro de 0,40 m e altura de 0,62 m, já as estruturas de espera para sacos de hortifrúti (contenedores alvo) medem 31 de diâmetro e 85

cm de altura. As zonas de interação do usuário com equipamento se dão de três formas (figura 61): na zona de entrada (a) para colocação das tampas a serem separadas e posteriormente durante a retirada das tampas de descarte, na manipulação dos contêndores alvo (b) e durante a operação da interface de controle (c) adicionando a este ainda a ligação do equipamento na corrente elétrica.

Figura 61. Alternativa 04: zonas de interação com o usuário.

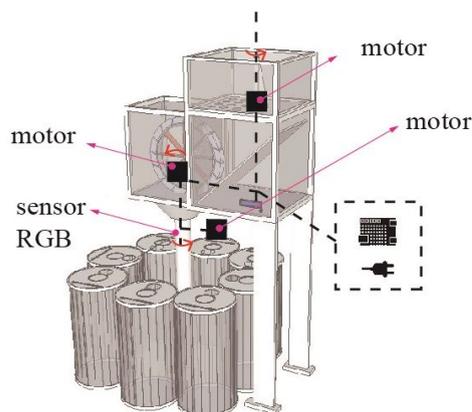


(d) zona de entrada (b) acessórios (c) interface

Fonte: Elaborado pela autora.

O esquema de previsão de componentes internos deste equipamento (figura 62) mostra que seriam necessários pelo menos, três motores para o funcionamento das partes, além de eixos e sistemas de movimentação e rotação ligados à placa do sistema, à interface mista e à rede elétrica e, ainda o sensor de cor RGB.

Figura 62. Alternativa 04: previsão do sistema interno.



Fonte: elaborado pela autora.

As quatro alternativas preliminares apresentadas buscam representar soluções que se enquadram nos requisitos de projeto com algumas semelhanças e diferenças significativas entre si. Desta forma, entre os modelos obtidos será selecionado o mais viável para ser tratado no desenvolvimento da solução final.

4.3 SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Para selecionar a solução mais viável para o projeto, as quatro alternativas preliminares foram submetidas a uma avaliação utilizando a matriz de Pugh (quadro 20) conforme proposto por Back et al. (2008). Os critérios adotados seguem as categorias nas quais os requisitos de projeto estão inseridos, de acordo com o item 3.8 deste trabalho. Os pesos para cada critério da matriz representam: 0 - Nulo (sem pontuação) 1 - Fraco (atende pouco ao critério), 3 - Médio (atende moderadamente ao critério) e 5 - Forte (atende muito ao critério).

Quadro 20. Matriz de Pugh aplicada às alternativas preliminares.

Critérios	Alternativas			
	01	02	03	04
Baixo custo	5	3	1	1
Replicabilidade	5	3	1	3
Usabilidade	5	3	3	3
Praticidade	5	5	1	3
Otimização da tarefa	5	5	1	1
Ergonomia	0	0	0	0
Desempenho	0	0	0	0
Autonomia	3	3	3	1
Total	28	22	10	12

Fonte: elaborado pela autora.

Como resultado da aplicação do método de Pugh pode-se observar que alternativa número 1 recebeu a maior pontuação somando 28 pontos, seguido da segunda alternativa com

22 pontos, a terceira somando 10 pontos e quarta 12 pontos. Analisando a pontuação obtida pela alternativa de número 1, pode-se perceber que o critério de baixo custo é fortemente atingido, já que ela apresenta soluções estruturais que atendem a este requisito, isso também entra em conformidade com o critério de replicabilidade, já que este, entre outros, também depende de baixo investimento para ocorrer. Quanto à usabilidade, há um destaque maior para esta alternativa, já para a praticidade, o modelo 1 e 2 pontuam da mesma forma, assim como na otimização da tarefa também obtém a mesma pontuação. Para os critérios de ergonomia e desempenho nenhuma das alternativas teve pontuação, já que para a ergonomia tem-se a mesma base de medidas para todos os modelos e o desempenho precisa ser testado. E para a autonomia apenas a última alternativa atende menos a este requisito.

Além da aplicação do método de Pugh para a escolha da alternativa mais viável, buscou-se também a opinião da coordenadoria do Programa Tampinha Legal de forma que se pudesse obter um feedback dos resultados. Um dos pontos que foi levantado pela coordenadoria trata-se da utilização da estrutura de espera para sacos ao invés da utilização dos coletores de acetato, visto que a redução de uma das etapas do processo (transferência das tampas para os sacos de hortifrúti) acarreta na otimização da tarefa o que é considerado um ponto muito positivo.

Em vista disso, acredita-se que a alternativa de número 1 atende melhor aos requisitos de projeto e apresenta potencial para ser melhor desenvolvida na etapa de projeto preliminar, na qual serão realizados testes e validações culminando no leiaute final do equipamento.

5 PROJETO PRELIMINAR

De acordo com Back et al. (2008), esta fase destina-se ao estabelecimento do leiaute final do produto, ou seja, é uma etapa de refinamento da solução escolhida. Tendo isso em vista, serão apresentados os testes e validações realizados, alguns dados de desempenho do equipamento, bem como o detalhamento técnico necessário para cada uma das zonas que compõem o equipamento. Serão detalhados ainda itens de segurança e funcionamento interno, aspectos da construção do protótipo e os custos para a produção do mesmo.

5.1 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

Tendo como ponto de partida a alternativa preliminar 01 (tópico 4.2.8.1) a qual fora escolhida como solução mais viável diante as demais, buscou-se analisar o modelo e prepará-lo para a etapa de testes e validações. Durante os primeiros ensaios observou-se que algumas partes e componentes teriam que sofrer alterações visando o correto funcionamento do sistema, desta forma houve a necessidade de adicionar e subtrair componentes buscando a melhor adequação ao leiaute final.

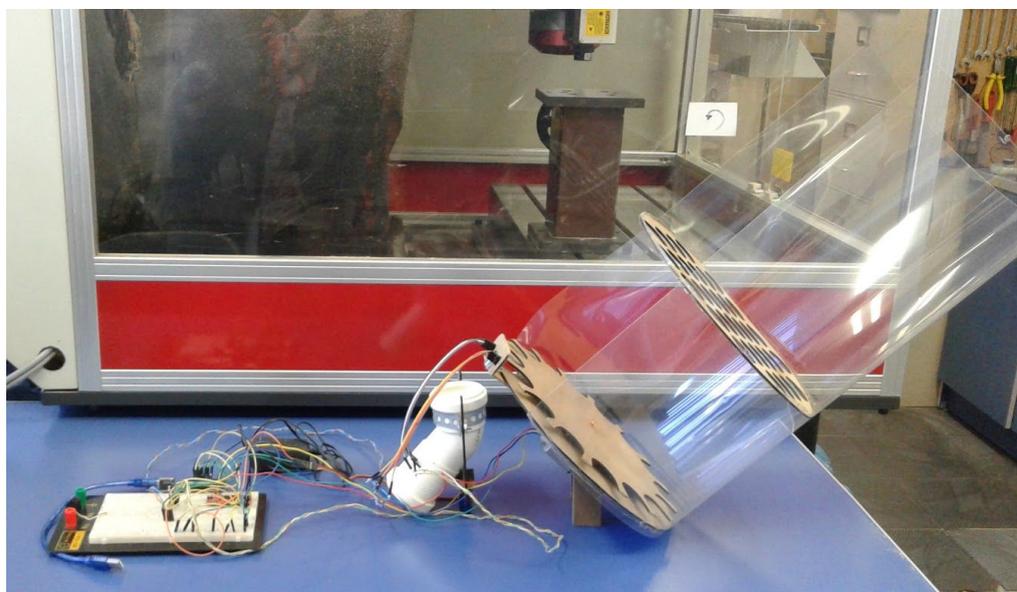
Inicialmente, constatou-se que o fluxo de cima para baixo (vertical) proposto prejudicaria a ordenação das tampas (zona de ordenação) resultando em acúmulo nas laterais do sistema, entupimentos e sobreposição. Sendo assim, estudou-se possibilidades de posicionamento em diferentes angulações. Pensou-se primeiramente em alterar o posicionamento angular apenas do sistema da zona de ordenação, em seguida, constatou-se que seria possível reduzir a complexidade estrutural do equipamento se a zona de entrada, ordenação e classificação sofressem alterações obedecendo ao mesmo ângulo, assim sendo, o corpo do equipamento também teve que sofrer alterações estruturais.

Outra mudança significativa se deu na transposição da zona de classificação, que inicialmente encontrava-se junto à zona de saída, para atuar junto com a zona de ordenação, desta forma, após a leitura da cor, a tampa é encaminhada diretamente para o seu contenedor-alvo. A zona de saída, por sua vez, mantém o princípio de funcionamento inicial, porém alterou-se o comprimento do dispositivo de saída e adicionaram-se elementos que auxiliam a chegada das tampas classificadas aos seus respectivos contenedores-alvo.

5.1.1 Testes e validações

Os testes e validações foram realizados no Laboratório de design e Seleção de Materiais - LdSM e buscam se aproximar da realidade de funcionamento do equipamento proposto, ao passo que foram utilizados alguns materiais, processos e componentes que fazem parte da concepção final do mesmo. Ao longo dos testes também construiu-se o protótipo (figura 63), que será detalhado ao longo deste tópico. Para fins de simplificação, os componentes testados seguem uma escala reduzida em relação ao tamanho real do equipamento.

Figura 63. Protótipo construído durante a fase de testes.



Fonte: elaborado pela autora.

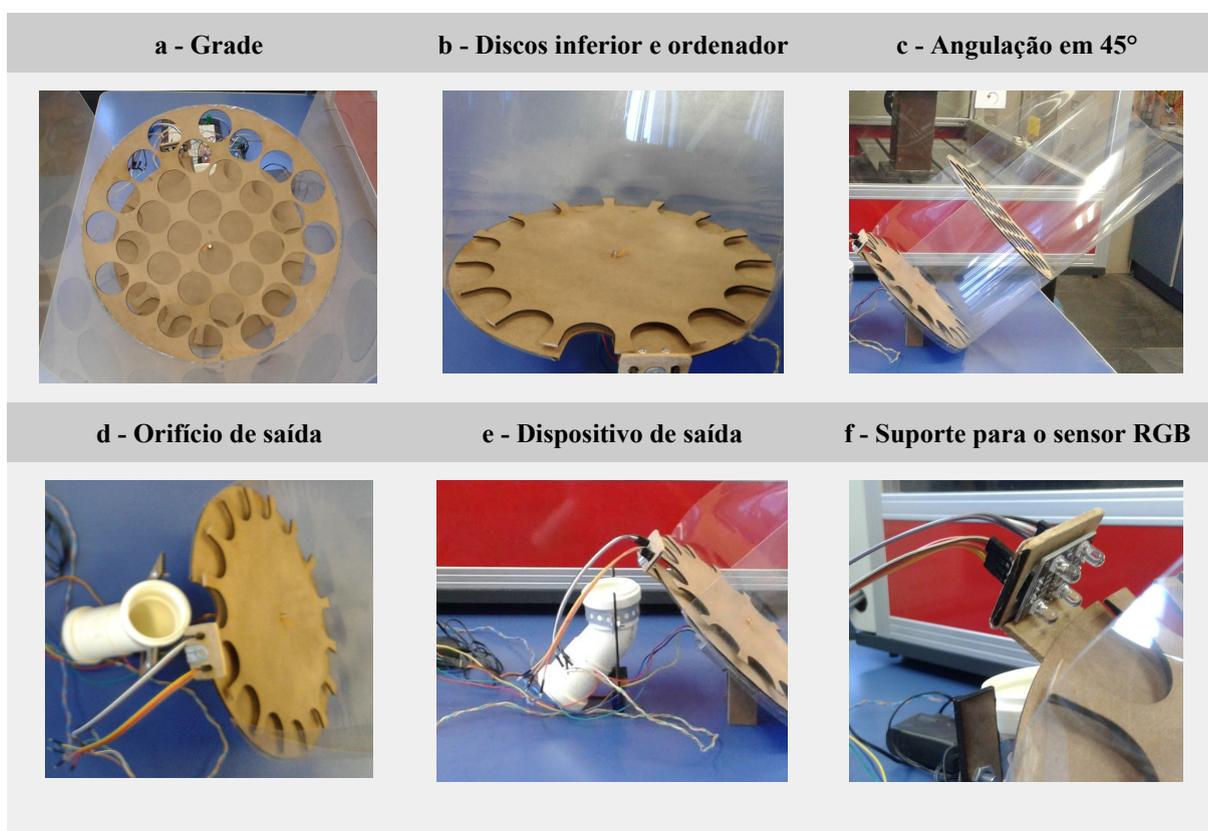
Para a realização dos testes foi necessário manufaturar algumas partes importantes que compõem o equipamento, inicialmente, utilizando o processo de corte a laser, foram produzidas a grade limitadora (quadro 21 (a)), e os dois discos que compõem a zona de ordenação: inferior e ordenador (quadro 21 (b)), desta forma com o auxílio de fita adesiva de alta aderência e uma chapa de acetato envolvendo ambas as partes, criando um cilindro, formou-se a zona de entrada e a zona de ordenação.

Com isso posto foi possível verificar qual seria a angulação adotada para que as tampas obedecessem o fluxo pretendido (quadro x (c)). Desta forma, a cada mudança angular fez-se comparações com a resposta do fluxo, obtendo que a 45° de inclinação e com o orifício

de saída do disco ordenador centralizado no ponto mais alto (quadro 21 (d)) tinha-se o melhor resultado. Em seguida confeccionou-se o dispositivo de saída (quadro 21 (e)) e seus componentes de fixação, para tal utilizou-se conector PVC em 45°, braçadeira metálica e suporte em MDF.

Com o dispositivo de saída em mãos foi possível verificar o melhor posicionamento que se poderia adotar visando a correta centralização com o orifício de saída contido na zona de ordenação. Para finalizar a confecção dos componentes, foi elaborado um suporte para a colocação do sensor de cor RGB, responsável por realizar a classificação de cores, verificou-se que este deveria adotar uma distância mínima em relação ao disco ordenador, a fim de não se afastar muito do objeto a ser classificado (quadro 21 (f)).

Quadro 21. Partes do protótipo construído durante a fase de testes.



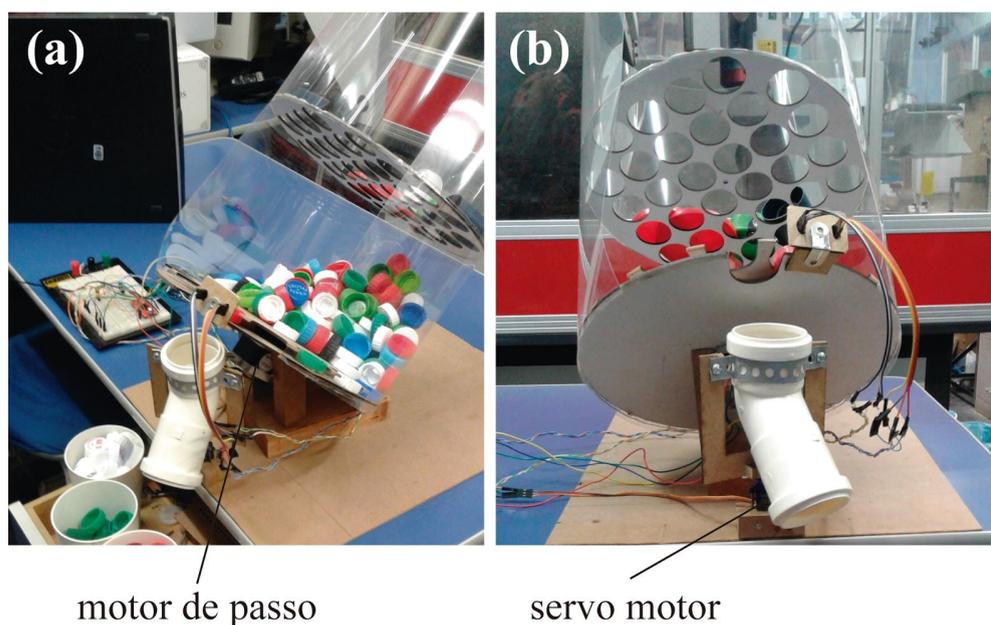
Fonte: elaborado pela autora.

Ainda na etapa de testes, conforme sugerido pela coordenadoria do Programa Tampinha Legal durante a fase de seleção de alternativas, foi elaborado um modelo de estrutura de espera para sacos utilizando canos de PVC. O modelo de teste foi confeccionado apenas utilizando conectores disponíveis no mercado (luva, joelho e “T”) não fora utilizado

nenhum tipo de cola. A partir da montagem do modelo, pode-se perceber que a estrutura apresenta-se adequada para a função de apoio para os sacos de hortifrúti, já utilizados pelas entidades. O modelo possui dimensões de 30 cm x 30m x 70 cm (comprimento x largura e altura) e tem capacidade para sacos de até 6 kg . No apêndice J podem ser observadas imagens do modelo elaborado.

Com todas as partes confeccionados iniciou-se a instalação dos componentes eletrônicos e programação na plataforma Arduino. Foi necessário acoplar um motor de passo (figura 64 (a)) na zona de ordenação junto ao disco ordenador, o qual fica responsável pelo giro do disco e garante a sincronia com as atividades do sensor de cor e do dispositivo de saída, que atua com um servo motor (figura 64 (b)).

Figura 64. Motores que atuam com a zona de ordenação e dispositivo de saída.



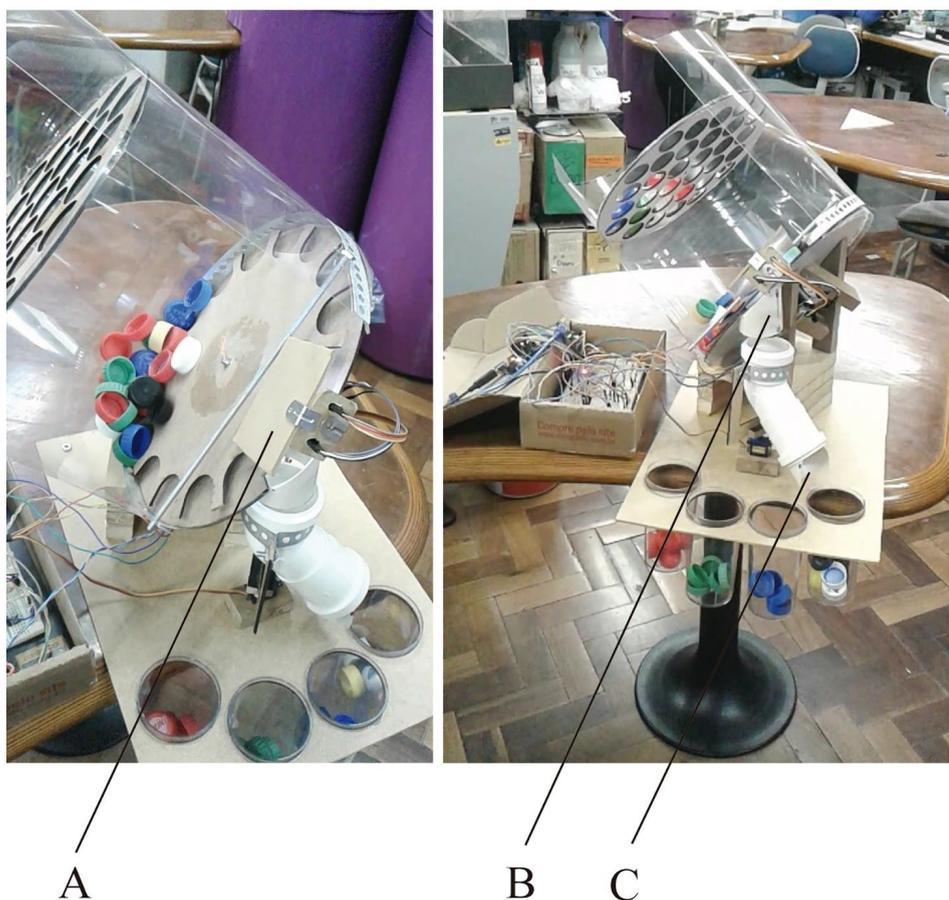
Fonte: elaborado pela autora.

Verificou-se ainda a necessidade de colocação de um misturador na grade localizada na zona de entrada, como o modelo encontra-se inclinado, as tampas tendem a se concentrar em um só local, com o giro do misturador as tampas tendem a se espalhar. A distância entre os discos de ordenação também fora testada, observou-se que a esta distância deveria ser suficiente para que as tampas não escoassem posicionando-se entre os dois discos. Desta forma, constatou-se que a distância de 6 mm entre discos garantia bons resultados, foram

testados ainda diversas formas de acoplar o motor de passo ao disco ordenador sem comprometer seu giro.

Para zona de ordenação também se observou a necessidade de um misturador em rotação, para que não houvesse acúmulo de tampa em só local, adicionado a isso, constatou-se a necessidade de colocação de uma aba na parede interna (figura 65 (a)), para ajudar no posicionamento das tampas durante a ordenação, assim sendo as tampas devem assumir uma posição padronizada durante o processo. Seguindo para a zona de saída, verificou-se que para que o caminho da tampa até o contenedor-alvo fosse mais segura, era necessário acoplar um cano PVC em corte obedecendo a mesma angulação do orifício de saída (figura 65 (b)) da zona de ordenação e outro na chegada ao contenedor (figura 65 (c)).

Figura 65. Componentes adicionados ao protótipo.



Fonte: elaborado pela autora.

Em se tratando do sensor de cor, durante os testes foram utilizados dois tipos de sensor RGB, o sensor RGB TCS34725 e o sensor RGB TCS230, sendo o último considerado mais

satisfatório, pois apresentou melhor tempo de resposta. Este sensor pode ser acoplado a protoboard sem a necessidade de solda e possui *leds* de luminosidade própria. O outro sensor apresentou-se inferior em resposta as mesmas características. Ainda sobre o sensor, observou-se que a mudança de luminosidade externa causa pequenas alterações na medição de cor, ao passo que protegendo-o da luminosidade externa este problema pode ser reduzido.

A lista dos componentes e materiais utilizados para a construção do protótipo encontra-se no apêndice K juntamente com os valores discriminados. Vale ressaltar que este valor se refere aos componentes necessários para a construção do protótipo de uma unidade do equipamento. Com os testes também pode-se validar as algumas das hipóteses levantadas na etapa de geração de alternativas, bem como dos alguns dos requisitos de projeto propostos. No apêndice L encontram-se os requisitos de projeto priorizados, se foi possível alcançá-lo através da solução final e como isso foi feito.

A utilização da plataforma Arduino para o sistema mostrou-se adequada às ações propostas para o processo, as partes e componentes foram confeccionadas com facilidade, há sincronia entre as zonas do equipamento e o processo como um todo pode ser considerado proveitoso. Embora a plataforma Arduino não permita a realização de mais de uma ação ao mesmo tempo, através da programação, foi possível sincronizar os tempos de cada ação a fim de que as etapas do processo de separação ocorressem de forma simultânea.

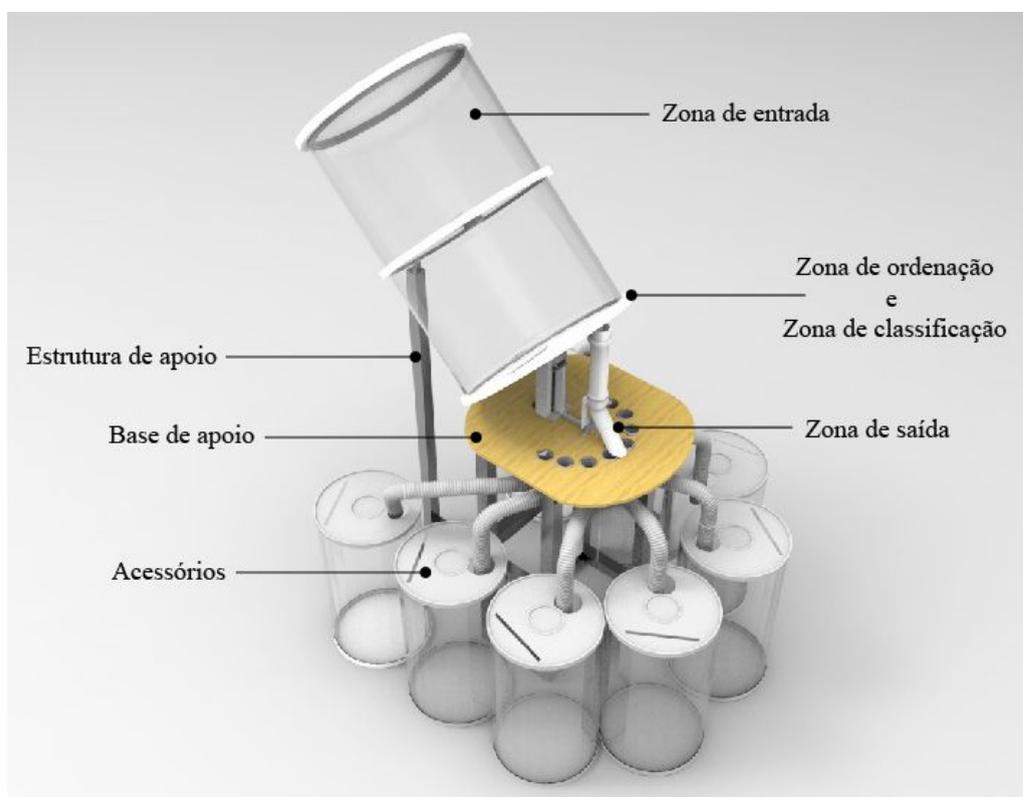
Em se tratando de desempenho, a priori, o equipamento possui capacidade de classificar uma tampa por segundo, visto que, pode-se concluir que o sensor de cor RGB tem um tempo de resposta de um segundo para cada tampa classificada, realizando cinco medições sucessivas. Paralelamente, o Arduino leva cerca de um segundo para posicionar o motor e encaminhar a tampa ao seu respectivo contenedor.

Neste contexto, observou-se que há um processo aleatório no que tange à continuidade de fluxo das tampas, visto que por vezes o sensor lê um espaço vazio, por este motivo pode-se então afirmar que o protótipo montado para o teste, em média, separa uma tampa polimérica em aproximadamente dois segundos. Para dados mais precisos seria necessário um longo e repetitivo monitoramento do sistema, contudo, para fins de validação do projeto, considera-se favorável ao desempenho do equipamento.

5.2 DETALHAMENTO

A solução desenvolvida trata-se de um equipamento automatizado, que tem como objetivo principal a segregação por cor de tampas poliméricas em situação de pós-consumo e procura atender aos requisitos de projeto realizados na etapa 3 deste trabalho. Utilizando materiais de baixo custo e agregando tecnologias das quais o Programa Tampinha Legal utiliza em seus materiais de apoio, o produto (figura 66) validado por meio de testes, apresenta-se como uma solução tendo em vista o problema de projeto abordado neste trabalho (no apêndice M pode-se observar outras vistas do equipamento renderizado).

Figura 66. Render da solução com as zonas sinalizadas.



Fonte: elaborado pela autora.

Conforme descrito ao longo do trabalho, o equipamento foi dividido em zonas, a fim de delinear o caminho na qual as tampas devem percorrer ao longo do processo de classificação. Desta forma, como sinalizado na figura 66, cada uma dessas zonas, que serão abordadas de forma separada ao longo dos próximos tópicos. Os desenhos técnicos representativos de cada parte e componente do equipamento podem ser observados no

apêndice N, bem como o quadro de funções das partes e componentes em vista explodidas podem ser observados no apêndice O.

5.2.1 Corpo do equipamento

O equipamento apoia-se sob uma estrutura metálica com duas vertentes: uma horizontal, na qual está fixada a base, que atua para diversas finalidades e outra vertical em que se apoiam os elementos cilíndricos que constituem a zona de entrada e de ordenação. Por meio da base permite-se fixar a zona de ordenação e o motor responsável pelo giro da zona de saída. É acoplada ainda a caixa do sistema, onde ficam armazenados todos os componentes do sistema e a fonte de alimentação. Os furos da superfície da base fazem o intermédio entre a zona de saída e os contenedores, de modo que o dispositivo de saída alimenta os acessórios (contenedores) com tampas seguindo os ângulos estipulados aos quais coincidem com esses furos (figura 67).

Figura 67. Render do corpo do equipamento.



Fonte: elaborado pela autora.

5.2.2 As quatro zonas principais

A zona de entrada (figura 68) é o local onde as tampas a serem classificadas devem ser depositadas e o conjunto das partes e componentes que a constituem é chamado de receptor e a grade, que também constitui a base do receptor, serve como barreira de entrada de tampas fora do padrão. O receptor tem uma proposta modular montável, a base e topo do receptor são envolvidos por chapa de acetato que confere o formato cilíndrico a peça. A zona de entrada deve ser disposta sob a estrutura do equipamento obedecendo a uma angulação de 45°. Na base da tampa está acoplado um sensor de fim de curso que é responsável por parar o funcionamento do equipamento toda a vez que a tampa for retirada.

Figura 68. Render da zona de entrada.



Fonte: elaborado pela autora.

A zona de ordenação e classificação estão associadas (figura 69), primeiramente, a base da zona ordenação contém um disco fixo em que está inserido o orifício de saída, logo acima, separados por um afastador e acoplado ao eixo do motor, está o disco ordenador que mantém-se em movimento durante o processo de classificação. Em um ponto nas laterais que circundam a base na qual está inserido o disco fixo, está fixado o sensor de cor RGB, este se situa ao lado do orifício de saída. Assim como a zona de entrada, esta também deve estar posicionada obedecendo a um ângulo de 45° e também possui montagem modular,

porém há uma diferença na chapa de acetato a envolve, esta deve receber um corte em local especificado para liberar a leitura do sensor RGB e não barrar a saída da zona de ordenação.

Figura 69. Render da zona de ordenação e classificação.



Fonte: elaborado pela autora.

A zona de saída (figura 70) por sua vez, consiste na junção de tubulação pvc com tamanhos específicos e componentes que permite o giro de 180° do dispositivo de saída, a base que também faz parte da estrutura de apoio do equipamento possui oito orifícios circulares cortados em sua superfície, estes são necessários para que as tampas sigam para seu contenedor alvo.

Figura 70. Render da zona de saída.



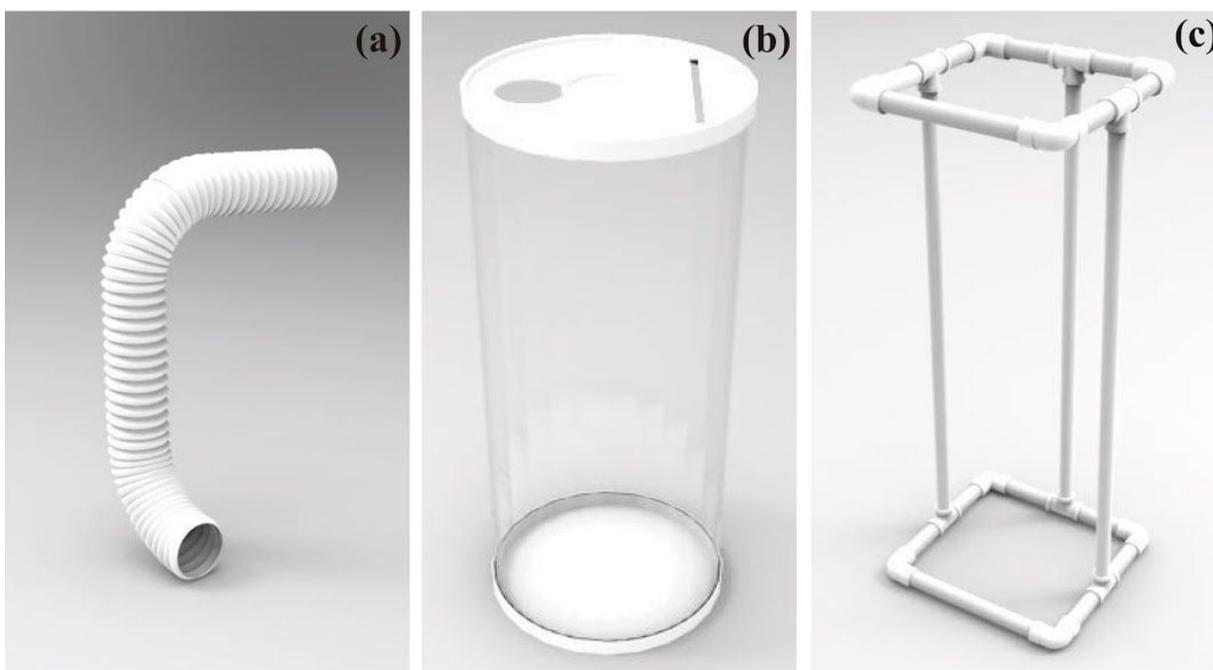
Fonte: elaborado pela autora.

5.2.3 Acessórios

Foram sugeridos dois tipos de contenedores alvo, os coletores e as estruturas de espera para sacos, a tubulação flexível presente no equipamento, também fora adotada como acessório, porém ela tem a função de criar um caminho para a queda da tampa em seu contenedor alvo. Esta solução foi escolhida já que os tubos podem ser colocados junto aos contenedores de várias formas dentro do espaço que serão inseridas. São previstas para serem utilizadas oito unidades de contenedor tanto se forem utilizados os coletores quanto a estrutura para sacos e ambos têm capacidade para 6 kg de tampas (figura 71).

Os coletores utilizados pelo Programa Tampinha Legal medem 30 cm de diâmetro e 70 cm de altura a estrutura para sacos tem base e topo de 30 cm e a altura segue a mesma dos coletores. No apêndice J pode-se observar o tipo de componente, as dimensões e as quantidades utilizadas para a montagem de uma unidade de estrutura de espera para sacos. Tais especificações foram utilizadas para a construção do modelo de teste, porém servem apresentam como solução final e alternativa aos coletores de acetato.

Figura 71. Render dos acessórios



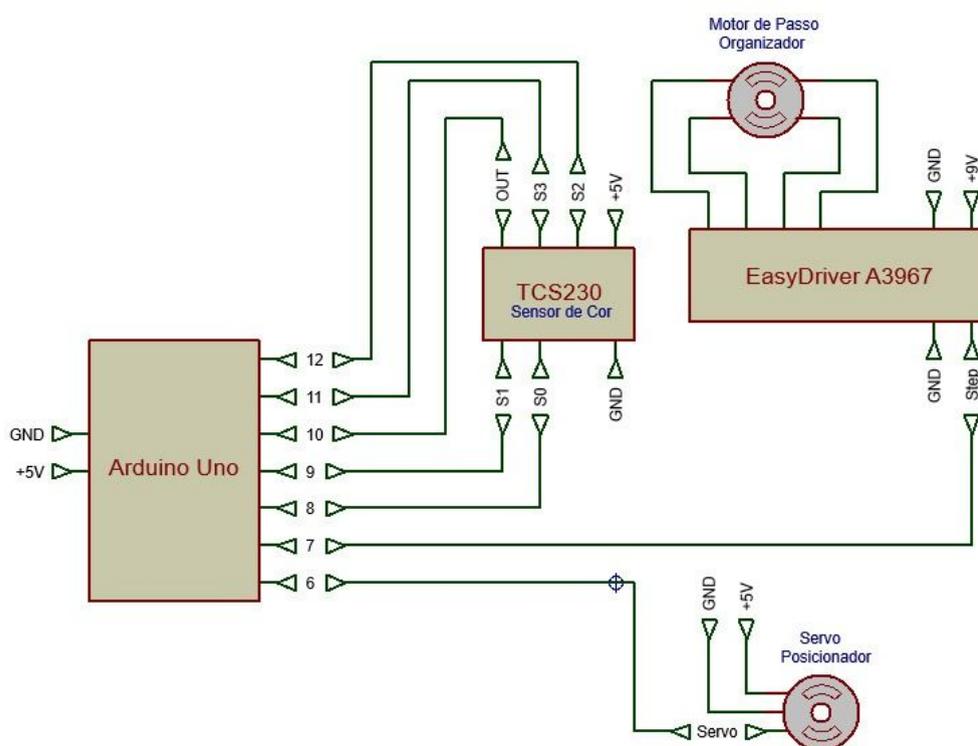
(a) tubulação flexível (b) coletor (c) estrutura de espera para sacos

Fonte: elaborado pela autora.

5.2.4 Sistema interno

Itens referentes ao sistema interno como cabos, motores, sensores e a própria placa Arduino, utilizados durante os testes e na montagem do protótipo, foram adquiridos de modo a validar os resultados esperados. Todos os componentes possuem dados técnicos que precisam ser analisados para a correta montagem do sistema. A lista com os componentes utilizados e suas especificações pode ser encontrada no apêndice P. A figura 72 traz uma representação das relações entre os componentes que foram utilizadas durante os testes e validações, através desse esquema de ligações é possível que haja uma sincronia entre as ações requeridas para o equipamento.

Figura 72. Esquema de montagem dos elementos do sistema.



Fonte: Lucas Lauri.

Além do esquema de ligações é necessário que a programação do equipamento esteja carregada na plataforma Arduino para que o sistema corresponda às ações esperadas. A programação e montagem do sistema foram realizadas com o auxílio de um engenheiro de controle e automação, que possui os conhecimentos necessários para a atividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das pesquisas realizadas durante o desenvolvimento do projeto, pôde-se perceber que existe uma demanda por soluções que visem uma gestão eficiente da reciclagem de resíduos garantindo que todo o material em situação de pós-consumo entre novamente na cadeia de produção, sem perdas, acúmulos e desperdícios. Observou-se também que a investimentos em tecnologia e informação são indispensáveis para que a atividade da reciclagem seja bem-sucedida.

O Programa Tampinha Legal em dois anos de atuação tornou-se o maior programa socioambiental de caráter educativo da América Latina e vem contribuindo na conscientização da sociedade para a importância da reciclagem e realizando o intermédio entre recicladores e entidades assistenciais transformando a arrecadação e triagem de tampas poliméricas em recursos para as instituições. Membros do terceiro-setor, as entidades assistenciais que participam do Programa, não medem esforços para gerir a atividade, contudo carecem de mais tecnologia e menor dependência de voluntários e funcionários para que a tarefa segregação de tampas por cores propicie resultados satisfatórios de forma contínua.

Ao longo o trabalho foi possível entrar em contato com conhecimentos de extrema importância para o design de produto, como as tecnologias de fabricação digital e a plataforma Arduino, que mostrou-se muito eficiente para a criação de projetos de baixo custo podendo ser aplicada à diversos níveis de complexidade. A escolha do Programa Tampinha legal como objeto de estudo deste trabalho, propiciou uma imersão na atividade e manifestou o papel do designer na construção e materialização de ideias em parceria com Programas de caráter social ativos e abertos à contribuições.

Considera-se a solução desenvolvida atinge as expectativas iniciais, uma vez que foi possível validar as hipóteses levantadas e criar um protótipo funcional, mesmo que necessitando de alguns ajustes, o equipamento enquanto protótipo já poderia ser utilizado para atender atividade fim: a triagem por cor automatizada. Acredita-se o equipamento pode contribuir de forma bastante satisfatória para ampliar os recursos obtidos pela entidades e, por ser economicamente viável, assegura sua difusão e possibilidade de adoção.

Entende-se também que este trabalho pode ser submetido a aperfeiçoamentos e adição de funcionalidades, bem como servir como base para a criação de novos equipamentos dentro do contexto de segregação de resíduos recicláveis.

REFERÊNCIAS

ABLP - Associação Brasileira de Resíduos Sólidos . **Automação na Reciclagem** . Revista Limpeza Pública nº 86. 2014. São Paulo. Disponível em: <<http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao86.pdf>>. Acesso em 20 DEZ 2018.

ABRE. **Simbologia técnica brasileira de identificação de materiais**. 2013. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/comitesdetrabalho/meio-ambiente-e-sustentabilidade/reciclagem/simbologia-de-identificacao/>>. Acesso em: 10 jun 2018.

AGÊNCIA EUROPEIA DO AMBIENTE. **O lixo nos nossos mares**. 2017. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/downloads/1ac8f82581df46839560d0cfffcb0a9/1461321142/o-lixo-nos-nossos-mares.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

AMAZON. **Lego Mindstorms**. 2018 Disponível em: <<https://www.amazon.com/LEGO-Mindstorms-NXT-Discontinued-manufacturer/dp/B001V7RF9U>>. Acesso em: 10 JUN 2018.

BACK, Nelson. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo. Manoele, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos** / Mike R. Baxter; tradução Itiro Iida. - 2 ed. rev. -- São Paulo : Blucher , 2000.

ARDUINO. **What is Arduino?**. 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 08 jun 2018.

BERESFORD, N. et al. World Economic Forum. **How to fight our plastic problem**. 2018. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2018/06/how-to-fight-our-plastic-problem/>>. Acesso em: 11 nov 2018.

CAMPOS, Augusto. **Arduino: o que é e para que serve** .2014. Disponível em: <<https://br-arduino.org/2014/11/arduino-o-que-e-e-pra-que-serve.html>>. Acesso em: 08 de jun de 2018.

CAPEL, Claudine. **Waste sorting** - A look at the separation and sorting techniques in today's European market. (1 July 2008) in Waste Management World. Retrieved on 13 July 2017 from Waste Management World. Disponível em: <<https://waste-management-world.com/a/waste-sorting-a-look-at-the-separation-and-sorting-techniques-in-todayrsquos-european-market>>. Acesso em: 08 jun 2018.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para a Reciclagem. **Ciclosoft 2016**. 2014. Disponível em: <<http://cempre.org.br/ciclosoft/id/2>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

CIDADES INTELIGENTES (São Paulo). Cidades Inteligentes Co. **Alemanha apresenta tecnologia de ponta para gestão de resíduos**. 2017. Disponível em:

<<http://ci.eco.br/alemanha-apresenta-tecnologia-de-ponta-para-gestao-de-residuos/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CSI. **Capfinder**. Disponível em: <<http://csiclosures.com/en/capfinder>>. Acesso em: 12 abr 2018.

DIMA. **Separadores por corrente de Foucault**. 2015. Disponível em: <<http://www.dima-equipamentos.pt/pt/acessorios/separadores-por-corrente-de-foucault>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

EYCHENNE, Fabien. Parte 1: **contribuição do movimento maker para startups**. 2017. Disponível em: <<https://medium.com/yes-wefab/parte-1-contribui%C3%A7%C3%A3o-do-movimento-maker-para-startups-29181f7dd4fb>>. Acesso em: 08 de jun 2018.

FILIFELOP. **Sensor de cor TCS3200**. 2018A. Disponível em: <<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-cor-tcs3200/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

FILIFELOP. **Sensor de cor RGB TCS34725**. 2018B. Disponível em: <<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-cor-rgb-tcs34725/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

FRAGMAQ. **Entenda o que define e como funciona a reciclagem química**. 2017. Disponível em: <<https://www.fragmaq.com.br/blog/entenda-o-que-define-e-como-funciona-reciclagem-quimica/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. **Production, use, and fate of all plastics ever made**. 2017. Disponível em: <<http://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782.full>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

GULARTE, J. Gauchazh. **Quanto vale a tampinha que você doa**. 2018. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2018/08/quanto-vale-a-tampinha-que-voce-doa-cj18blo1g045g01n05hmnpv0j.html>>. Acesso em 12 nov 2018.

HENRIPLAST. **Catálogo**. Disponível em: <<http://www.henriplast.com.br/upload/catalogo/CATALOGO-HENRIPLAST.PDF>>. Acesso em: 08 jun 2018.

JACQUOT, Jeremy. **TiTech's Innovative Recycling System**. 2007. Disponível em: <<https://www.treehugger.com/clean-technology/titechs-innovative-recycling-system.html>>. Acesso em: 10 jun 2018.

IGOE, Tom; MOTA, Catarina. **A Strategist's guide to digital fabrication**. Booz & Company Inc. 2011. Disponível em: <<http://www.blandi.org/fguillen/files/2011/09/Digital-Fabrication.pdf>>. Acesso em: 08 jun 2018.

INK. **Os tipos de ONGs (Fundações, OSC, OSCIPS e outros)**. 2017. Disponível em: <<https://inkinspira.com.br/os-tipos-de-ongs-fundacoes-osc-oscips-etc/>>. Acesso em: 10 jun 2018.

KHAIR, Claudia. **A Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/noticias/coleta-seletiva-de-residuos-no-brasil/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

LIMA, Marco Antônio. **Introdução aos materiais e processos para designers**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2006.

MAHLMANN et al. **Análise da qualidade do polipropileno (PP) reciclado por termoprensagem**. Anais do 7o Congresso Brasileiro de Polímeros. Minas Gerais. 2003. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2003/Document/515.pdf>>. Acesso em: 12 nov 2018.

MANCINI, Paulo J. P. **7 anos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): Como tirar o Brasil do lixo?**. 2017. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2017/08/17/7-anos-da-politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs-como-tirar-o-brasil-do-lixo-artigo-de-paulo-j-p-mancini/>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MANO, Eloisa e MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a polímeros - 2 e. rev. e ampl.** - São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

MAZZUCCO, Mateus. **Estabelecer processos de identificação e separação de plásticos para a indústria de reutilização e reciclagem**. 2008. 40 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105158/Mateus_De_Lorenz_Canceler_Mazzuco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 jun. 2018.

METAK. **Plastic sorting machine for recycling PET bottle flakes**. 2017. Disponível em: <<http://www.metakcolorsorter.com/plastic-sorting-machine-for-recycling-pet-bottle-flakes.html>>. Acesso em: 19 jun 2018.

MICHAELIS. **Dicionário moderno de português**. 2018. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/metodo/>>. Acesso em: 01 maio 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. **Coleta Seletiva**. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-recicla-veis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 25 maio 2018.

MOTA, Allan. **O que é Arduino e como funciona**. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

MOVIMENTO PLÁSTICO TRANSFORMA. **Reciclagem do plástico**. 2016. Disponível em: <<http://www.plasticotransforma.com.br/reciclagem-do-plastico>>. Acesso em: 10 jun 2018.

MUNDO DO PLÁSTICO. **Saiba como funcionam os 3 tipos de reciclagem de plástico.**

2017. Disponível em: < <http://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/saiba-como-funcionam-os-3-tipos-de-reciclagem-de-plastico/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

NARDI, M. **Identificando cores com o sensor TCS34725 no Arduino.** 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1Vqsevs1v8>>. Acesso em: 05 de nov 2018.

NASCIMENTO, Gabriel. **Qual a diferença entre os modelos de Arduino? Qual deles devo escolher?**. 2017. Disponível em:

<<https://www.sgnrobotica.com/single-post/2017/08/24/Qual-a-diferen%C3%A7a-entre-os-modelos-de-Arduino-Qual-deles-devo-escolher>>. Acesso em: 08 jun 2018.

OPSERVICES. **Entenda o que é Arduino e como funciona sua aplicação.** 2015. Disponível em: <<https://www.opservices.com.br/o-que-e-o-arduino/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

ORCIUOLI, Affonso. **O impacto das tecnologias de fabricação digital nos processos de design.** 2009. Disponível em:

<<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/183/o-impacto-das-tecnologias-de-fabricacao-digital-nos-processos-de-141180-1.aspx>>. Acesso em: 08 jun 2018.

PANERO, J; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores** : um livro de consulta e referência para projetos. Barcelona : G. Gili, c2002.

PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Central de triagem. 2013. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/central-de-triagem/>>. Acesso em: 10 jun 2018.

PHILOHOME. **A fast NXT 2.0 ball sorter.** 2009. Disponível em: <<http://www.philohome.com/fbs/fbs.htm>>. Acesso em: 19 de jun 2018.

PLÁSTICO SUL. **Revista Plástico Sul.** Conceitual Brasil. Edição 197. Julho 2018.

PLÁSTICO TRANSFORMA. **Etapas da reciclagem.** 2016. (1:31 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?time_continue=80&v=TWdUmQkScRY>. Acesso em: 08 jun 2018.

PLASTIVIDA. **Reciclagem energética.** 2018. Disponível em: <<http://www.plastivida.org.br/index.php/plastivida/posicionamento/11-reciclagem-energetica?lang=pt>>. Acesso em: 08 jun 2018.

PLATCHECK, Elizabeth, Regina. **Design Industrial: metodologia para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.** São Paulo. Atlas S.A., 2012.

RODA, Daniel. **Reciclagem de plásticos.** 2011 Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/reciclagem/reciclagem.asp>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

RODRIGUES, 2009. **Estações de triagem: caracterização e avaliação da situação nacional.** Dissertação de mestrado. Mestre em engenharia Sanitária. Universidade Nova de Lisboa. disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/3353/1/Rodrigues_2009.pdf

SADHGURU. World Economic Forum. **We don't need to ban plastic. We just need to start using it properly.** 2018. Disponível em:

<<https://www.weforum.org/agenda/2018/05/plastic-asset-legal-policy-responsible-use-sadhguru>> Acesso em: 11 nov 2018.

SANT'ANNA, José Paulo. **Reciclagem:** separação automática de lixo facilita e aumenta a eficiência das operações. 2015. Disponível em:

<<https://www.plastico.com.br/reciclagem-separacao-automatica-de-lixo-facilita-e-aumenta-eficiencia-das-operacoes/2/>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

SINPLAST (A). **Coletores nas Casas de Verão Sesc arrecadam tampinhas.**

2017. Disponível

em:<<http://www.sinplast.org.br/projeto-tampinha-legal-e-lancado-em-apoio-ao-outubro-rosa>>

SINPLAST (B). **Coletores nas Casas de Verão Sesc arrecadam tampinhas.** 2017.

Disponível em: <<http://www.sinplast.org.br/tampinha-legal-ja-esta-no-litoral/>>.

SINPLAST (C). **Coletores nas Casas de Verão Sesc arrecadam tampinhas.** 2017.

Disponível em:

<<http://www.sinplast.org.br/coletores-nas-casas-de-verao-sesc-arrecadam-tampinhas/>>.

SIQUEIRA, Otávio Augusto Guerra et al. **Metodologia de Projetos em Design, Design Thinking e Metodologia Ergonômica:** convergência metodológica no desenvolvimento de soluções em Design. 2015. Disponível em:

<<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/viewFile/1112/998>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SOUZA, R. **Análise do processo de regulação da atividade de triagem de materiais recicláveis:** estudo de caso em uma cooperativa. Dissertação (mestrado) - universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3833/SOUZA_Renato_2014.pdf?sequence=1>.

SOUZA, Tawana. **Os caminhos da Comunicação em Organizações Não Governamentais:** um guia para ONGs de pequeno e médio porte. (Memorial Descritivo do Trabalho de Conclusão de Curso de Comunicação Organizacional). Faculdade de Comunicação,

Universidade de Brasília. Brasília / DF. 2015. Disponível em:

<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/11605/1/2015_TawanaCostaNascimentoSousa_memorial.pdf>. Acesso em: 10 jun 2018.

SEELY, Jennifer. **Digital fabrication in the architectural design process.** Thesis (S.M.)-Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Architecture, 2004. Disponível em:

<<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/27030>>. Acesso em: 08 jun 2018.

SKS. **Caps, Closures & Accessories.** Online Catalog. 2018. Disponível

em:<<https://www.sks-bottle.com/340c/fin176c.html>>. Acesso em: 08 jun 2018.

SZAKY, T. World Economic Forum. **We can recycle everything we use, including cigarette butts and toothbrushes. So why don't we?**.2016. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/10/we-can-recycle-everything-we-use-so-why-don-t-we/>>. Acesso em: 12 nov 2018.

TUDE, João; RODRIGUES, Grace. **Empreendimentos de geração de recursos em ONGs: uma análise sobre seus efeitos na sustentabilidade de ONGs baianas**. XXXII EnANPAD 2008 Rio de Janeiro / RJ. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS-C1078.pdf>>. Acesso em: 10 jun 2018.

TAMPINHA LEGAL. **Tampinha Legal: dúvidas frequentes**. 2018. Disponível em: <<https://tampinhalegal.com.br/site/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

TRENSURB (Porto Alegre). Trensurb. **Tampinha Legal: duas toneladas de plástico são coletadas em 90 dias nas estações da Trensurb**. 2018. Disponível em: <http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_noticias_detalhes.php?codigo_sitemap=5072>. Acesso em: 01 maio 2018.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino**. 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

ZORTRAX. Case studies: **3D Printed Dancing Robots**. 2015. Disponível em: <<https://zortrax.com/stories/case-studies/zortrax-m200-3d-printer-3d-printed-dancing-robots/>>. Acesso em: 08 jun 2018.

WELLE, D. **'Tinder da reciclagem' brasileiro vence prêmio de inovação**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/tinder-da-reciclagem-brasileiro-vence-premio-de-inovacao.ghtml>>. Acesso em: 12 nov 2018.

WILLEMM. **M&M's and Skittles sorting machine**. 2017. Disponível em: <<https://willemm.nl/mm-skittles-sorting-machine/>>. Acesso em: 19 de jun 2018.

WITZLER (São Paulo). Witzler Recicla Co. **O lixo pelo mundo**. 2018. Disponível em: <<http://www.witzlerrecicla.com.br/2018/01/23/o-lixo-pelo-mundo/>>. Acesso em: 07 maio 2018.

APÊNDICE A - MODELOS DE TAMPAS POLIMÉRICAS UTILIZADAS EM ALGUNS TIPOS DE EMBALAGENS

Modelo	Aplicação	Diâmetro	Material
	Recipientes que contenham óleos comestíveis, vinagre, molhos e temperos.	26 mm	PEBD
	Concebida para bebidas gaseificadas e água com gás.	28mm	PE
	Ideal para bebidas carbonatadas a frio.	28mm	PEAD
	Tampa sem liner projetada para fácil aplicação, proporcionando eficiência operacional para o engarrafador. Ideal para bebidas gaseificadas.	28mm	PE
	Concebida para bebidas gaseificadas e água com gás.	28mm	PE
	Concebida para bebidas gaseificadas e água com gás.	28mm	PE
	Concebida para bebidas gaseificadas e água com gás.	28mm	PE

(continua)

(continuação)

	<p>Ideal para bebidas assépticas e com enchimento frio, pressurizadas com nitrogênio e levemente carbonatadas.</p>	28mm	PP e PE
	<p>Ideal para produtos com enchimento asséptico.</p>	28mm	PEAD
	<p>Ideal para produtos com enchimento asséptico.</p>	28mm	PEAD
	<p>Projetada especialmente para bebidas com enchimento asséptico que são exibidas e armazenadas em armários / aquecedores quentes no ponto de venda. Este perfil de fecho também é adequado para enchimento a quente a temperatura média.</p>	28mm	PEAD
	<p>Projetada especialmente para bebidas com enchimento asséptico que são exibidas e armazenadas em armários / aquecedores quentes no ponto de venda. Este perfil de fecho também é adequado para enchimento a quente a temperatura média.</p>	28mm	PEAD
	<p>Peça sem liner possui um design de vedação robusto, um recurso de segurança patenteado de “ventilação inteligente” e é compatível com a esterilização, tornando-a ideal para bebidas com enchimento asséptico em embalagens PET pressurizadas com nitrogênio.</p>	38mm	PE
	<p>Ideal para bebidas sem gás com enchimento quente.</p>	33mm	PEAD

(continua)

(continuação)

	Fechamento leve, de peça única / sem revestimento projetado para acabamentos de garrafas PET de altura reduzida 1881 usados em aplicações de enchimento a quente e / ou enchimento de pasteurização.	28mm	PE
	Projetado especificamente para proteger a integridade de seu produto de água não carbonatada.	28mm	PP e PE
	Ideal para consumidores ativos e em movimento de bebidas não carbonatadas.	38mm	PP e PE
	O conjunto de montagem de bico da Closure Systems International consiste em uma tampa de 28 mm e uma montagem soldada à caixa de bebidas, ideal para bebidas refrigeradas não carbonatadas.	28mm	PP e PE
Modelo	Aplicação	Diâmetro	Peso
	Tampa rosca lacre	23,6 mm (h: 22,1mm)	1,5gr
	Tampa com lacre inviolável	31,9mm (h: 14,9mm)	2,7gr
	Tampa com 1g de sílica	31,9mm (h: 14,9mm)	4,3gr

(continua)

(continuação)

	Tampa com ilha de vedação	39,6mm (h: 17,3mm)	3,3gr
	Tampa lacre	18,7mm (h: 27,4mm)	1,8gr
	Tampa 4g de sílica	43mm (h: 15mm)	11,2gr
	Tampa com ilha de vedação	65,1mm (h: 18,2mm)	8gr
	Tampa com selo de indução	65,1mm (h: 18,2mm)	8,2gr
	Tampa com lacre	43mm (h: 15mm)	4,2gr
	Tampa com selo de indução	96mm (h: 23mm)	22gr
	Concebida para bebidas gaseificadas e água com gás. (diferencial: peso)	28mm	1,9g

Fonte: Adaptado de CSI.

CSI - <http://csiclosures.com/en/capfinder>

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO

Título: Pesquisa TCC - UFRGS

Descrição: Olá, sou aluna da UFRGS e estou realizando uma pesquisa para o meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Design de Produto. As perguntas que seguem visam o entendimento de como acontece o processo de separação de tampas de plástico nas entidades participantes do Tampinha Legal.

Questão 1: Nome da Entidade Assistencial

Questão 2: Como vocês realizam a separação das tampinhas? Se possível descreva os passos da chegada das tampinhas na entidade até o transporte dos sacos ao reciclador.

Questão 3: Qual a quantidade (kg) de tampinhas separadas por mês na entidade?

Questão 4: Quem é responsável pela separação de tampinhas na entidade?

- Voluntários
- Funcionários
- Ambos

Questão 5: Quantas pessoas fazem a separação das tampinhas?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- Outro _____

Questão 6: Você identifica problemas em alguma das etapas do processo de separação de tampinhas em sua entidade?

- Sim
- Não

Questão 7: Se sim, quais problemas?

Questão 8: Você acredita que se fosse possível melhorar a eficiência do processo seria em relação a: (é possível mais de uma opção)

- ao volume de tampinhas separadas
- a organização do processo como um todo
- a disponibilidade de tempo para a realização da tarefa
- a estratégia de separação
- ao transporte das tampinhas

Questão 9: Existe algo que não foi perguntado e você gostaria de acrescentar?

APÊNDICE C - ANÁLISE DE SIMILARES

M&M's® and Skittles® sorting machine by Willemm
Análise funcional
<p>Partes do equipamento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Funil: rotativo e com recuos nas laterais. 2. Scanner: pequena roda com 4 slots separados por 90°, ainda um pequeno disco com quatro entalhes gira em sincronia com a roda, assim que um dos entalhes do disco atinge o <i>microswitch</i>, o software sabe parar de girar a roda e iniciar as medições. 3. Sensor RGB: realiza 3 medições de cor consecutivas que levam 30 milissegundos cada. 4. Controladores Arduino: [Nanos: 2 unid. - captação de cores (base em referências) e animações dos LEDs] [Easy drivers: 2 unid. - adicionam os motores de passo]. 5. Tubo de saída : realiza rotações em torno de um eixo. 6. Motor de passo: alimentam a roda giratória do scanner. 7. Fonte externa: 12V. 8. Botões interativos: 2 unidades. 9. Conversor buck: reduz a entrada de energia de 12V para 5V para as tiras de LED e o misturador servo. 10. Luzes LED: 32 unidades (RGB - WS2812B). 11. Microinterruptor: permite a posição precisa da roda em frente ao sensor de cores cujo sinal fica alto quando a fenda se alinha com o sensor. 12. Conector de barril: conecta à fonte de energia. 13. Fios e cabos: permitem o funcionamento do sistema. 14. Estrutura externa: compõem o visual do equipamento. 15. Contenedores: onde são despejados os doces classificados.
Análise funcional
<p>Equipamento projetado para classificar doces de chocolate por cor. Para iniciar o ciclo de separação, a máquina deve ser ligada e, então, os doces de chocolate são despejados no funil de entrada, que se mantém em rotação constante para evitar entupimentos. Em seguida passam para o scanner, que conta com 4 slots que mantém os doces parados para que as medições ópticas sejam realizadas (enquanto um está sendo medido outros dois estão na espera e o quarto está vazio para um novo carregamento). Depois de feita a medição o controlador arduino determina a cor do item e posiciona o tubo de saída no contenedor específico. Imediatamente antes do tubo de saída atingir sua posição alvo, a roda do scanner gira 90° graus para soltar a peça. O processo é então repetido e cada vez que a cor especificada cai no contenedor correto, ao mesmo tempo, um feixe de luz com a cor correspondente ilumina a circunferência da máquina.</p>
Análise ergonômica
<p>A interação direta entre o equipamento e usuário se dá de três formas: através do botão liga/ desliga, através do botão de escolha entre M&M's® ou Skittles® e durante a colocação do conteúdo a ser separado do funil de entrada. O equipamento é pequeno, facilmente transportável e foi projetado para ser utilizado no ambiente residencial, sugere-se cozinha ou sala de estar. O produto apresenta feedback para o usuário através de animações luminosas que circundam a máquina trocando de cor cada vez em que o doce de chocolate é selecionado para o contenedor correto. O equipamento emite ruídos suaves advindos da rotação do funil de entrada e do tubo de saída e, ainda, do fruto da queda do doce no contenedor. Os contenedores podem ser retirados para que possam ser higienizados.</p>
Análise morfológica
<p>Com formas cilíndricas e cantos arredondados, possui uma estética <i>clean</i>. É utilizada a cor branca para a estrutura externa do equipamento e seus componentes (também externos) apresentam-se em metal prata. Possui características estético-formais que se assemelham a eletrodomésticos de uso convencional como as cafeteiras.</p>

(continua)

(continuação)

Análise técnica
<p>A máquina classifica até 6 cores. Separa 2 confeitos de M&M's® a cada segundo e leva aproximadamente de 2 a 3 minutos para separar 300g de Skittles®. Porém, os itens a serem separados devem conter dimensões uniformes e forma regular. As peças internas do equipamento foram modeladas no software CAD NX10 e produzidas através de impressão 3D, para a estrutura externa do equipamento foi utilizada a tecnologia de corte a laser utilizando MDF como matéria-prima e a pintura das partes foi feita com tinta spray. As conexões entre partes foram feitas através de parafusos, barra roscada, cola e encaixes. Ainda, foi utilizado a acrílico opaco para potencializar o efeito de luzes em detalhe na circunferência do equipamento. A parte superior da estrutura da máquina é feita com tubo de PVC. Junto ao scanner, para reduzir o ruído causado por vibrações, pequenos pedaços de vinil são colocados entre o MDF e o PVC.</p> <p>Dimensões do equipamento: 250 mm (diâmetro) e 300 mm (largura).</p>
Análise de mercado
<p>O produto foi manufacturado pelo autor e não está disponível para venda. O autor informa que foram gastos em torno de €500 para a confecção da máquina.</p>
<p>Referência: https://willem.nl/mm-skittles-sorting-machine/</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

FAST NXT2.0® ball sorter
Análise estrutural
<ol style="list-style-type: none"> 1. Módulo controlador de programação intuitiva NTX 2.0 2. Comunicação via Bluetooth e USB 3. Sensor de cores 4. Motores servo 5. Cabos 6. Peças montáveis de LEGO® (355 unidades) 7. Bolas coloridas (3 amarelas, 3 vermelhas, 3 azuis e 3 verdes)
Análise funcional
<p>Projetado para classificar bolas coloridas de LEGO®. Para iniciar o processo, uma rampa segura as bolas para serem classificadas. Em seguida encontra-se um mecanismo com duas barras que realizam um movimento alternado deixando as bolas caírem uma de cada vez. O sensor de cor encontra-se logo em seguida e detecta a cor das bolas à medida que elas descem. De acordo com a cor detectada, dois níveis de pontos de conversão direcionam a bola para um dos 4 contenedores. Existe ainda, o mecanismo de divisor de fluxo, isto é, quando uma barra está em cima, a outra está em baixo, desta forma apenas uma bola passa durante um ciclo. A máquina é ligada e desligada através de módulo de controle ligado ao sistema.</p>
Análise ergonômica
<p>A interação entre o equipamento e usuário se dá duas formas principais: através do controle remoto responsável pelas funções liga/desliga e durante a colocação do conteúdo a ser separado (bolas de lego) na rampa de entrada. É um equipamento pequeno que pode ser utilizado em um mesa. Não existem contenedores para receber os objetos selecionados por cores, existem apenas pequenas paredes que separam cada cor. O equipamento em uso emite ruídos advindos do funcionamento do sistema como um todo.</p>
Análise técnica
<p>Trata-se de um projeto experimental, a função estética não é um atributo forte do produto, porém a máquina cumpre as funções estético-formais nas quais os conjuntos para montagem da marca LEGO® se propõem.</p>

(continua)

(continuação)

Análise de mercado
Vendido no formato de kit LEGO® Mindstorms, conforme escopo da marca diversos projetos podem ser montado utilizando o mesmo produto. Atualmente este kit da marca foi descontinuado, mas de acordo com a Amazon o preço deste item fica em torno de \$560, porém os componentes controladores e o sensor de cor são encontrados separadamente para venda em lojas online .
Referência: http://www.philohome.com/fbs/fbs.htm https://www.amazon.com/LEGO-Mindstorms-NXT-Discontinued-manufacturer/dp/B001V7RF9U

Fonte: Elaborado pela autora.

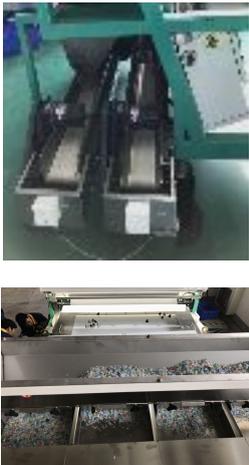
Plastic Sorting Machine for Recycling PET Bottle Flakes - BCS1280B
Análise estrutural
1. Sistema operacional e sistema de alimentação 2. Bocal natural de sopro natural e modo acionado por válvula 3. Sistema exclusivo de aspiração de ar e ventilação 4. Correia transportadora super larga - 4m/s (velocidade) 5. Sistema de processamento de fonte de luz 6. Alimentação: 380V, 50HZ, 1.6-2.6KW 7. Tecnologia de varredura de linha de cor 2048
Análise funcional
A máquina realiza a seleção de cores de diferentes de materiais granulares, indicado para polímeros reciclados, PVC leve e PP (flocos). Utiliza tecnologia que conta com dispositivos de ejeção mecânicos ou pneumáticos para desviar o material cujas cores não caem dentro da faixa aceitável. Classifica ainda material etéreo, irregular, facilmente quebradiço, com umidade elevada e alta leveza, os modos de seleção podem ser configurados de várias maneiras, podendo classificar além das cores as formas dos flocos.
Análise ergonômica
A máquina conta com um painel <i>touch screen</i> integrado à máquina, o que possibilita ao usuário a interação com as funcionalidades da máquina. Os flocos devem ser despejados em um dispositivo que se encontra na parte superior da máquina, já o material classificado passa por esteiras que se encontram em uma posição mais baixa. É necessário, ainda, a colocação de bandejas para servir como contenedores dos flocos classificados e dos rejeitados. A máquina emite ruídos advindos dos motores e do funcionamento das esteiras.
Análise morfológica
Equipamento de caráter industrial, é necessária uma grande área para a colocação do equipamento que pesa em torno de 1360 kg. Estrutura metálica com coloração verde e partes em metal cromado, o que lhe garante um visual robusto.
Análise técnica
Separa em torno de 1,5 - 2,8 ton/h. Informações de material não especificadas, porém a estrutura externa conta com barras metálicas, caixas metálicas nas quais as peças do sistema se encontram e um sistema de correias para esteiras de saída. Dimensões aproximadas: 3108 x 1986 x 1680 (mm).
Referência: http://www.metakcolorsorter.com/plastic-sorting-machine-for-recycling-pet-bottle-flakes.html

Fonte: Elaborado pela autora.

M&M's®, Skittles® and Resse's® sorting machine
Análise estrutural
<ol style="list-style-type: none"> 1. Microcontrolador arduino UNO (ATmega328) 2. Servos GWS (2 unidades) de rotação contínua e de 360° 3. Fonte de alimentação externa de 9V para o funcionamento do sistema 4. Fonte de 5V para os servos 5. Sensor de cor RBG (CMOS IC ADJD-S311-CR999) 6. LED RGB (1 unidade) 7. Sensor de distância IR (QRE1113) 8. Escudo de terminação e cabos 9. Base e topo 10. Tubos estruturais 11. Peças para funcionamento do sistema 12. Funil de entrada 13. Contenedores (6 unidades)
Análise funcional
<p>O equipamento realiza a classificação por cores de confeitos de chocolate. Em funcionamento, a máquina é ligada a uma fonte externa de alimentação e, então, os confeitos são colocadas no funil de entrada (rotação constante). Em seguida os confeitos vão ao encontro da roda de alimentação, que é composta por quatro <i>slots</i>, nos quais são alocados para serem realizadas as medições de cor. A cada giro três slots são preenchidos enquanto o quarto fica vazio, com ajuda de um sensor de distância, que avisa o momento certo para a entrada de um novo confeito para a medição. O sensor de cor então atua realizando as medições. Assim que a cor é detectada uma luz led pisca externamente com a cor correspondente e o confeito solta-se da roda de alimentação e direciona-se para o tubo de saída, que o guiará para o contenedor correto. Quando finalizado o processo a máquina é desligada e aguarda um novo ciclo de seleção, pois opera em sistema de estado finito (FSM).</p>
Análise morfológica
<p>A máquina é feita com material transparente possui muitos vãos de abertura, representa que a estrutura foi montada em função do sistema, ou seja, foi projetada para delimitar o espaço referente aos contenedores e para servir como estrutura para o funil de entrada e os componentes que definem o sistema. O equipamento é pequeno, projetado para ser utilizado sob uma mesa.</p>
Análise técnica
<p>Separa até 6 cores e suporta apenas formas regulares, separa oitenta confeitos por minuto. A estrutura externa do equipamento é composta por tubos de PVC transparente, são utilizados ainda chapas de acrílico para a base e topo da máquina. Para as peças de funcionamento do sistema e o funil de entrada é utilizada a tecnologia de impressão 3D sendo ABS o polímero utilizado para a impressão das mesmas. Como contenedores são utilizados copos poliméricos descartáveis. Dimensões aproximadas: 300 x 300 x 300 (mm).</p>
Análise de mercado
<p>Trata-se de um projeto experimental montado pelo próprio criador não disponível para compra. No site constam informações dos custos discriminando o valor de cada peça e dispositivos do sistema. O valor total do equipamento montado fica em torno de R\$473,00.</p>
<p>Referência: http://beta.ivc.no/wiki/index.php/Skittles_M%26M%27s_Sorting_Machine</p>

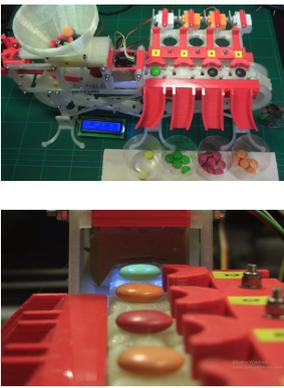
Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE D - PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS SIMILARES

	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Esteticamente amigável. ● Os contenedores permitem fácil higienização. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● A queda do confeito no contenedor gera um ruído um pouco desconfortável. <p>Referência: https://willemm.nl/mm-skittles-sorting-machine/</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Conta com um mecanismo de barras que permite maior agilidade para a saída das bolas que já foram separadas. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● O usuário precisa colocar os itens manualmente e de forma organizada na rampa de entrada. ● A máquina não possui contenedores, apenas divisórias separam os alvos, ou seja, o conteúdo cai direto sob a mesa. <p>Referência: http://www.philohome.com/fbs/fbs.htm</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● O equipamento realiza a separação de grande volume de flocos em um curto espaço de tempo. ● Além de separar os itens por cor, separa também de acordo com a forma do floco. ● O equipamento permite diferentes configurações de entrada e saída, permitindo que o usuário selecione o mais conveniente. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Equipamento robusto. ● Não realiza a separação de várias cores de forma simultânea. ● Sistema de funcionamento complexo com muitas tecnologias envolvidas. <p>Referência: http://www.metakolorsorter.com/plastic-sorting-machine-for-recycling-pet-bottle-flakes.html</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● A máquina separa uma gama maior de confeitos de chocolate. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● A altura dos contenedores dificulta um pouco que se enxergue a cor que está sendo depositada. <p>Referência: http://beta.ivc.no/wiki/index.php/Skittles_M%26M%27s_Sorting_Machine</p>

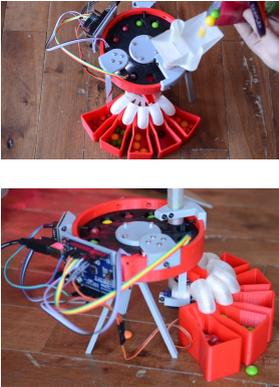
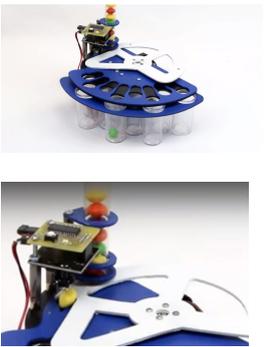
(continua)

(continuação)

	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma porta permite abertura e fechamento das partes internas do equipamento e ajuda a reduzir o volume dos ruídos advindos do funcionamento do sistema. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número elevado de componentes estruturais. • Apareta confusão na montagem dos componentes internos. • Uso de vários tipos de materiais diferentes. <p>Referência: http://hackedgadgets.com/2013/01/10/skittles-sorting-machine-based-on-a-basic-stamp-2/</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Display</i> mostra a informação em tempo real. • Sistema integrado de componentes permite um ciclo mais rápido. • Todas as peças do equipamento foram manufaturadas através de impressão 3D. • Sistema de esteira que atua com o dispositivos de saída permite ejetar peças de cores diferentes ao mesmo tempo. • Sinalização numérica indica pontos da máquina. • As rampas de ejeção são abertas facilitando a livre passagem das peças eliminando problemas de entupimento. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emite alguns ruídos inerentes ao funcionamento do sistema. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=tSEHDBSynVo</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todos os itens passam pela mesma esteira antes, durante e após a medição, o que dinamiza o trabalho realizado pela máquina. • Itens de cores diferentes podem cair ao mesmo tempo, cada uma em seu contenedor específico. • Todas as peças do equipamento foram manufaturadas através de impressão 3D. • Número menos expressivo de elementos estruturais. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O sistema que conduz as peças a serem separadas para a esteira de medição apresenta problemas quando o dispositivo está com poucas itens, isto é, são necessárias várias tentativas até que o item seja posicionado na esteira. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=nIcSIJuD65A</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emite sinais sonoros e luminosos como um <i>feedback</i> da atividade para o usuário. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A medição de cor é realizada de forma manual pelo usuário antes da colocação na rampa de entrada do equipamento. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=d4k9bWbtJEk</p>

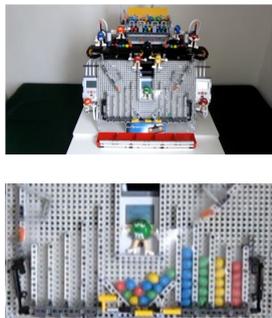
(continua)

(continuação)

	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite a entrada de várias confeitos de chocolate em <i>slots</i> distribuídos em torno de uma circunferência para posterior medição de cor. • Todos os componentes do equipamento foram manufaturados por meio de impressão 3D. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O sistema do funil de entrada é pouco eficiente, visto que os confeitos devem ser despejados de forma gradual. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=9LJ5PrK7l80</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenedores e funil de entrada feitos com material transparente, o que possibilita a visibilidade do conteúdo. • Otimização do espaço destinado aos contenedores. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O equipamento em funcionamento apresenta-se muito lento. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=Ku9PKRoH1CE</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um sistema rotaciona um círculo com os contenedores e interage com a esteira onde as peças passam depois da medição. • O dispositivo de entrada suporta um grande número de confeitos e este está posicionado em forma de torre. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Passa apenas um confeito de cada vez na esteira e este é ejetado para o contendor correspondente para que uma nova peça entre em medição. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=mjo8n9HvenE</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cone de entrada em espiral, ajuda a afunilar a entrada das peças. • Display mostra feedback para usuário e mostra instruções para começar. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema apresenta-se muito lento. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=KEzd0vXOQpc</p>

(continua)

(continuação)

	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existem dois sensores trabalhando ao mesmo tempo, um do lado direito e outro do lado esquerdo. • Uma espécie de gaveta é responsável por liberar os confeitos para passarem pela medição, neste momento a esteira ajuda a dividir estes confeitos para que alguns sejam medidos pelo sensor esquerdo e outros pelo sensor direito. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os confeitos já separados ficam em uma fila até que cheguem a um determinado número para que então sejam ejetados para seus devidos contenedores. <p>Referência: https://www.geek.com/news/lego-mm-sorting-machine-1531882</p>
	<p>Positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresenta cores referentes aos respectivos confeitos nas rampas de saída. • Um círculo com divisórias em rotação faz o papel de funil de saída, já que se posiciona na rampa correspondente a cada cor atingida. • Os <i>slots</i> comportam até três confeitos ao mesmo tempo antes de ser realizada a medição de cor. • Display mostra <i>feedback</i> ao usuário. <p>Negativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O <i>layout</i> da máquina remete um projeto em fase de teste. <p>Referência: https://www.youtube.com/watch?v=hhDb1jccvi0</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

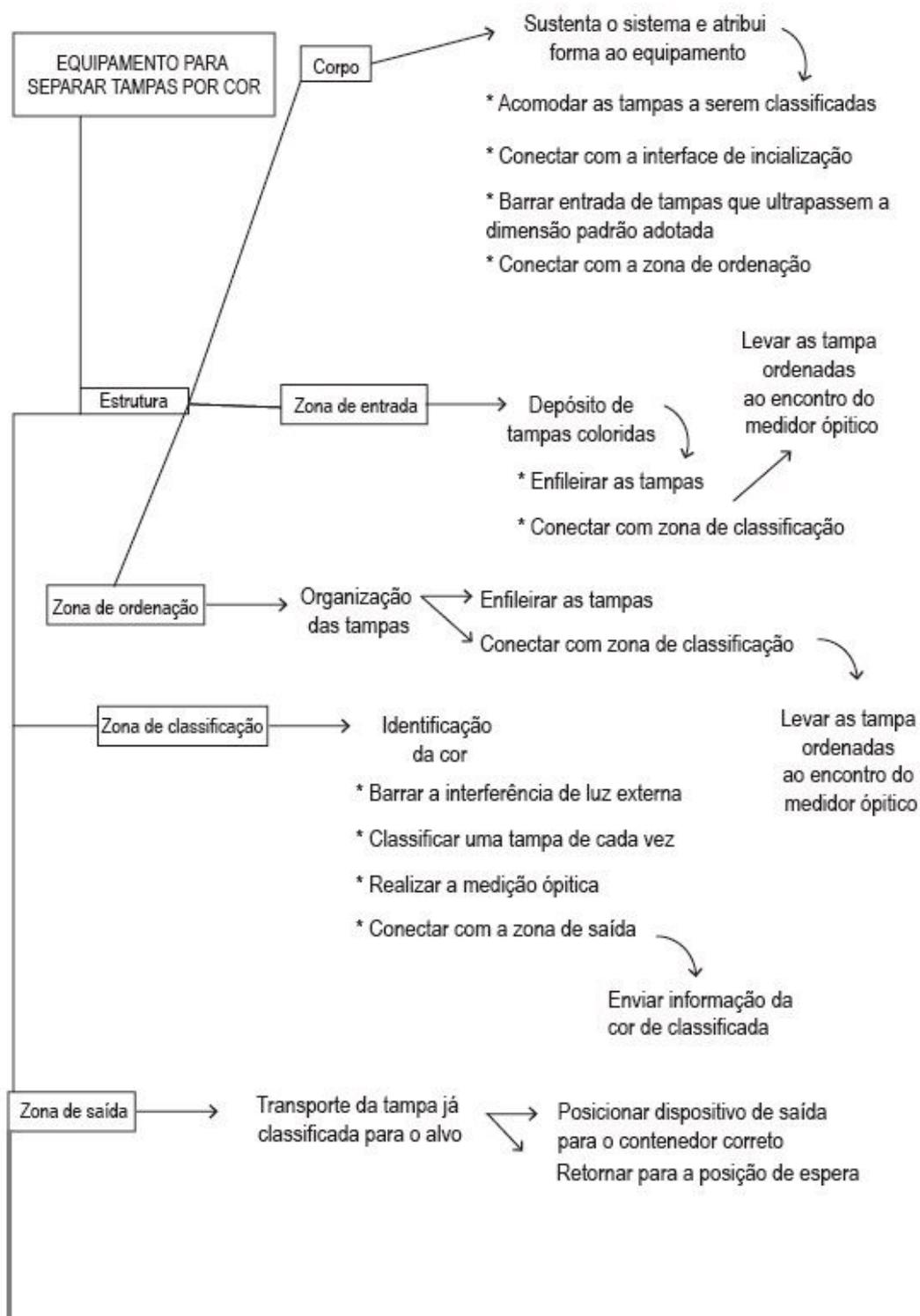
APÊNDICE E. DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD

Número da linha	Número da coluna	Requisitos do usuário	Requisitos de projeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
				Utilizar materiais e sistemas de valor acessível.	Projetar a estrutura visando um menor número de peças e componentes.	Facilitar a produção do equipamento (replicabilidade).	Utilizar dispositivos que facilitem o transporte do equipamento.	Optar por materiais leves e resistentes.	Permitir o uso de ferramentas padrão para a manutenção.	Utilizar materiais que permitam fácil higienização.	Projetar interface amigável e intuitiva.	Estruturar o sistema para que mais de uma etapa seja realizada de forma simultânea.	Avisar ao colaborador sempre que o equipamento permitir novo ciclo.	Permitir melhor controle da realização da tarefa e de seus resultados.	Viabilizar soluções ergonômicas nas zonas de interação do usuário com o equipamento.	Eliminar a necessidade de manuseio direto do colaborador com as tampinhas.	Possuir princípios de segurança (elétrica, mecânica, etc).	Possuir receptores e contenedores grandes o suficiente para comportar vários modelos de tampinhas.	Possibilitar maior número de tampinhas separadas em menor tempo.	Separar em nove cores padrão.	O equipamento deve ser passível de ser operado por uma só pessoa.
1	5	Soluções que envolvam baixo investimento.	5	5	5	3	5	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	5	3	3	5
2	5	Possibilitar que diferentes entidades participem do programa independente de suas limitações.	3	3	5	1	1	3	1	5	3	3	3	1	5	1	3	3	5	1	5
3	2	Permitir o deslocamento do equipamento no interior das salas da entidade.	1	5	0	5	5	1	3	1	0	0	0	0	5	0	1	3	0	0	1
4	3	Fácil manutenção.	3	5	1	0	3	5	1	3	1	0	0	3	0	3	3	0	0	0	5
5	3	Fácil limpeza.	3	3	0	0	1	1	5	1	0	0	0	3	0	1	1	0	0	0	3
6	3	Fácil uso.	3	3	5	1	0	3	1	5	1	5	5	5	1	5	3	5	3	5	5
7	4	Reduzir número de etapas do processo.	0	1	1	0	0	1	1	5	5	1	3	0	1	1	1	5	3	3	3
8	4	Não acumular volume de tampinhas para separar.	0	0	0	0	0	1	0	0	5	5	3	0	3	0	5	5	5	3	3
9	4	Melhorar a organização do processo.	0	1	0	0	0	0	1	3	5	3	5	1	3	3	1	3	3	3	3
10	5	Melhorar condição de trabalho.	3	1	0	1	1	1	3	3	1	1	5	5	3	3	1	3	1	5	5
11	3	Otimizar o espaço físico destinado à separação	1	3	0	1	0	1	0	0	3	1	1	1	1	0	3	3	3	1	1
13	2	Reduzir contato direto do colaborador com tampinhas em estado insalubre.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	5	0	5	1	1	1	1
14	4	Utilizar o equipamento com segurança.	1	3	0	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1
15	4	Aumentar a quantidade de tampinhas separadas.	1	0	0	0	0	1	0	0	5	5	5	0	3	0	5	5	5	1	1
16	5	Separar em cores padrão.	0	0	0	0	0	0	0	5	3	3	5	0	0	0	5	5	5	5	5
18	5	Não depender de um grande número de envolvidos para a realização da tarefa.	1	3	0	3	1	5	5	5	5	5	5	3	1	3	5	5	5	5	5

Somatório	100	112	72	68	74	118	101	167	174	153	171	144	91	124	193	207	163	215
Ordem de prioridade	14°	12°	17°	18°	16°	11°	13°	6°	4°	8°	5°	9°	15°	10°	3°	2°	7	1°

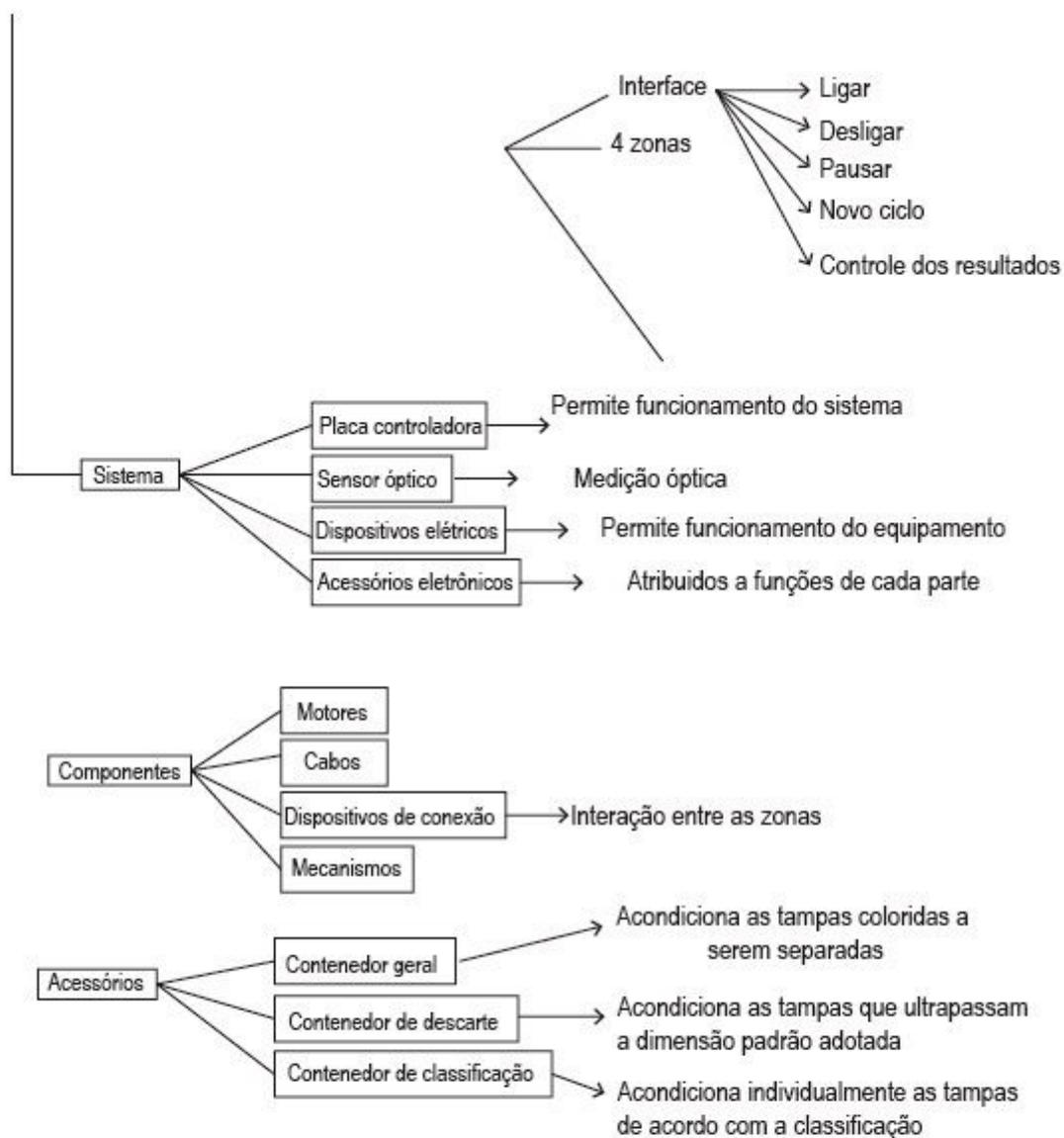
Força do relacionamento
0 - Nulo
1 - Fraco
3 - Médio
5 - Forte

APÊNDICE F - ÁRVORE FUNCIONAL DE UM EQUIPAMENTO QUE SEPARA ITENS POR COR



(continua)

(continuação)



Fonte: elaborado pela autora

APÊNDICE G - MATRIZ MORFOLÓGICA DO EQUIPAMENTO PARA SEPARAR TAMPAS POR COR

a) Corpo	a.1 Tipo	a.1.1 Horizontal	a.1.2 Vertical	-	-	-
	a.2 Fluxo do sistema	a.2.1 direita-esquerda	a.2.2 esquerda-direita	a.2.3 De cima para baixo	-	-
	a.3 Formato	a.3.1 Cilíndrico	a.3.2 Retangular	a.3.3 Estrutura de apoio	-	-
	a.4 Estilo	a.4.1 Móvel	a.4.2 Fixo	a.4.3 Misto	-	-
b) Zona de entrada	b.1 Tipo de dispositivo de entrada	b.1.1 Cilíndrico	b.1.2 Espiral	b.1.3 Cônico (funil)	b.1.4 Apoio	b.1.5 Retangular (a e b)
	b.2 Tipo de dispositivo limitador	b.2.1 Esteira (a, b, c e d)	b.2.2 Grade	-	-	-
c) Zona de ordenação	c.1 Tipo de componente ordenador	c.1.1 Espiral	c.1.2 Circular / radial (a e b)	c.1.3 Côncavo	c.1.4 Esteira em rampa	c.1.5 Estilo moinho
d) Zona de classificação	d.1 Tipo de componente	d.1.1 Estrutura de encaixe	-	-	-	-
e) Zona de saída	e.1 Estratégia	e.1.1 Radial	e.1.2 Linear	e.1.3 Alternada	-	-
	e.2 Tipo de dispositivo de saída	e.2.1 “Torneira”	e.2.2 Espiral	e.2.3 Rampa	-	-
f) Interface	f.1 Tipo	f.1.1 Botões e <i>leds</i>	f.1.2 <i>Display</i>	f.1.3 Misto	-	-
g) Acessórios	g.1 Formato	g.1.1 Cilíndrico	g.1.2 Retangular	-	-	-
	g.2 Tipo	g.2.1 Estrutura de espera para sacos	g.2.2 Coletor	-	-	-
	g.3 Base/topo	g.3.1 Redonda	g.3.2 Quadrada	g.3.3 Retangular	-	-
	g.4 Disposição	g.4.1 Losango	g.4.2 Quadrado	g.4.3 Círculo	g.4.4 Linear	g.4.5 Alternado

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE H - SOLUÇÕES PARA BOTÕES E LEDS.

Componente	Valor*	Observação	Referência
	R\$ 37,90 (50 unidades)	Kit <i>push button</i> Capas em plástico Permitem encaixe na protoboard Dimensões: 12 x 12 x 7.3 mm Diâmetro da capa: 11 mm	https://www.filipeflop.com/produto/kit-push-button-com-capas-coloridas-x50-unidades/
	R\$ 15,90 (1 unidade)	Botão com trava Sistema de auto-travamento Diâmetro do furo: 22mm Vermelho, Verde e amarelo Dimensões: 66 x 43 x 30 mm	https://www.filipeflop.com/produto/botao-com-trava-660v-10a/
	R\$ 21,90 (1 unidade)	Módulo botão Grove Botão estilo push-button Com resistor pull-down Dimensões: 20 x 20 x 10mm	https://www.filipeflop.com/produto/modulo-botao-grove/
	R\$ 58,90 (1 unidade)	Joystick Shield V2.4 Dimensões: 94 x 52 mm	https://www.filipeflop.com/produto/joystick-shield-diy-para-arduino/
	R\$ 10,90 (1 unidade)	<i>Joystick</i> Arduino 3 Eixos Evita muitas conexões, podendo ser usado como mouse, controle de robôs, games, joystick ps2 e projetos em geral. Dimensões: 37 x 25 x 32mm	https://www.filipeflop.com/produto/joystick-arduino-3-eixos/
	R\$ 3,40 (10 unidades)	Chave Táctil Push-Button Interruptor pulsador conduz somente quando está pressionado. Dimensões: 6 x 6 x 4,3 mm	https://www.filipeflop.com/produto/chave-tactil-push-button-x10-unidades/

(continua)

(continuação)

	<p>R\$ 35,90 (1 unidade)</p>	<p>Push botton metálico iluminado Diâmetro do corpo: 16mm Durabilidade do led: 40.000 h Dimensões: 34 x 21mm</p>	<p>https://www.filipeflop.com/produto/botao-push-button-metalico-iluminado-16mm/</p>
	<p>R\$ 23,90 (1 unidade)</p>	<p>Chave liga/desliga Tensão de Operação: 12V Material: metal e polímero Dimensões: 67 x 43 x 17 mm</p>	<p>https://www.filipeflop.com/produto/chave-avanca-switch-iluminado-12v/</p>
	<p>R\$ 3,40 (1 unidade)</p>	<p>Botão <i>ON-OFF</i> Tensão máxima: 250V Corrente máxima: 6A Dimensões: 20 x 20 mm</p>	<p>https://www.filipeflop.com/produto/chave-gangorra-redonda-on-off-spst/</p>
	<p>R\$ 3,40 (1 unidade)</p>	<p>Buzzer Ativo Indicado para adicionar efeitos sonoros em projetos eletrônicos como alarmes, sistemas de sinalização, jogos, brinquedos, etc. Corrente de oper.: 30mA Saída de som mín. (a 10 cm): 85dB Freq. de resson.: 2300±300 Hz Dimensões: 11,8 x 9 mm</p>	<p>https://www.filipeflop.com/produto/buzzer-ativo-5v/</p>
	<p>R\$ 1,40 (1 unidade)</p>	<p>Led Rgb Alto Brilho Difuso LED RGB 5mm Tipo: Difuso Luz emitida: Vermelho, verde ou azul Diâmetro do led: 5mm</p>	<p>https://www.filipeflop.com/produto/led-rgb-alto-brilho-difuso-5mm/</p>
	<p>R\$ 26,90 (1 unidade)</p>	<p>LED RGB endereçável Tensão de operação: 5V Potência: 0,3W Ângulo de luz: 180° Nível de cinza: 256 Dimensão da placa: 10 x 10 x 3 (mm)</p>	<p>https://www.filipeflop.com/produto/led-rgb-x10-ws2812b-5050-enderecavel/</p>

*referência de preço para montagem em pequena escala.

Fonte: elaborado pela autora

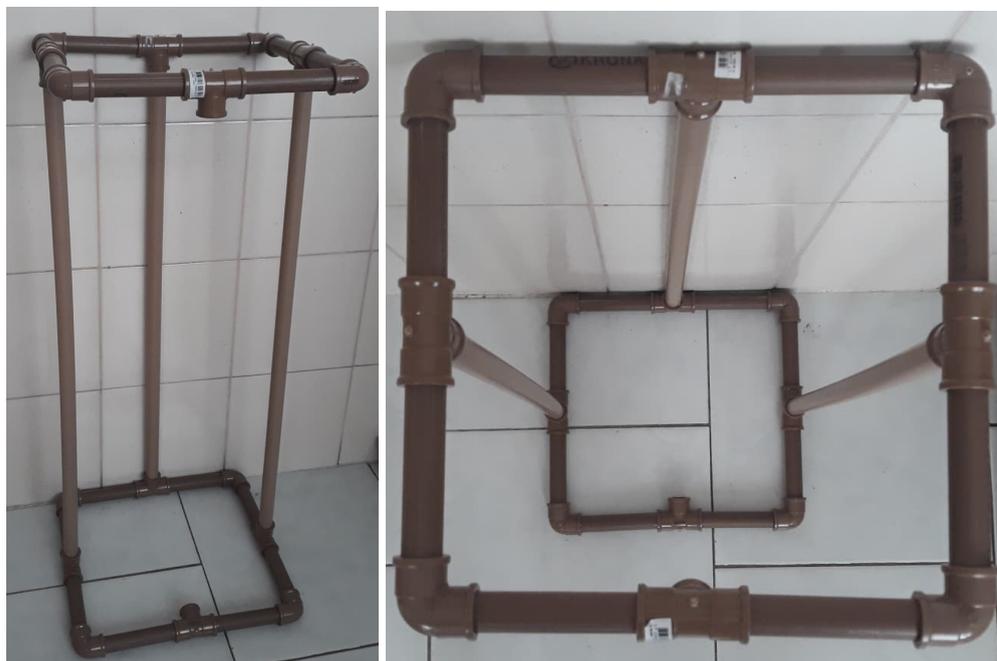
APÊNDICE I. SOLUÇÕES PARA DISPLAY.

Componente	Valor*	Observação	Referência
	R\$28,90 (1 unidade)	Display LCD 16 x 20 Cor backlight: Azul Cor escrita: Branca Dim. total: 80 mm x 36 mm x 12 mm Dim. área visível: 64.5 mm x 14 mm Dim.caracter: 3 mm x 5.02 mm	https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-16x2-backlight-azul/#tab-description
	R\$ 44,90 (1 unidade)	Display LCD 20x4 Cor backlight: Azul Cor escrita: Branca Dim. total: 98 mm x 60 mm x 14 mm Dim. área visível: 76 mm x 26 mm Dim.caracter: 2,94 mm x 4,74 mm	https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-20x4-backlight-azul/
	R\$ 59,90 (1 unidade)	Display LCD Gráfico 128x64 Cor backlight: Azul Cor escrita: Branca Dim. total: 80 mm x 36 mm x 12 mm Dim. área visível: 64.5 mm x 14 mm Dim. caracter: 3 mm x 5.02 mm	https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-grafico-128x64-backlight-azul/
	R\$ 58,90 (1 unidade)	Display TFT LCD 1.8" Resolução: 128x160 pixels Tensão máxima backlight: 3.2V Tensão máxima pinos de sinal: 3.3V Interface: SPI Slot para cartão SD Dim.: 58 mm x 34,5mm x 10 mm	https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-tft-1-8-128x160/
	R\$ 28,90 (1 unidade)	Display LCD TFT Touch 3,5" Resolução: 320 x 480 pixels Conector: 26 pinos Tipo de touchscreen: Resistivo Controlador Touch: XPT2046 Cores: 65.536 Backlight: LED	https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-tft-touch-3-5-raspberry-pi/
	R\$ 28,90 (1 unidade)	Display LCD com teclado Conecta-se ao Arduino de forma fácil e rápida, não sendo necessário solda ou protoboard, deixando o seu projeto mais compacto e ergonômico.	https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-shield-com-teclado-para-arduino/

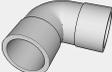
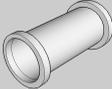
*referência de preço para montagem em pequena escala.

Fonte. Elaborado pela autora.

APÊNDICE J. IMAGENS MODELO DE ESTRUTURA DE ESPERA PARA SACOS



Quantidades e componentes para montagem.

Componente	Dimensões	Quantidade
	20 mm x 700 mm (diâmetro x comprimento)	3 unidades
	20 mm x 150 mm (diâmetro x comprimento)	16 unidades
	modelo para diâmetro de 20 mm	8 unidades
	modelo para diâmetro de 20 mm	2 unidades
	modelo para diâmetro de 20 mm	6 unidades

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE K. CUSTOS PARA A PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO.

Zona de entrada	
Chapa de acetato (0,125 MC 50 x 65 cm)	R\$ 5,28
Fita adesiva 3M (25 mm x 2 m)	R\$ 29,90
Chapa MDF (2,75 x 1,83 x 3 mm) *Suficiente para a manufatura de todas as peças que utilizam o material utilizando a tecnologia de corte à laser	R\$ 16,69
Zona de ordenação	
Motor de passo	R\$ 80,91
Módulo motor de passo easy driver	R\$ 13,04
Zona de classificação	
Sensor de Cor TSC230	R\$ 34,01
Zona de saída	
Motor micro servo	R\$ 12,60
Cano PVC Ø 0,5 (metro)	R\$ 8,00 x 1 m
Cano PVC 45° Ø 0,5	R\$ 4,00
Sistema de controle	
Placa Arduino Uno	R\$ 56,81
Fonte ajustável protoboard	R\$ 10,90
Fonte alimentação 9V-1A	R\$ 14,90
Acessórios (estrutura de espera para sacos)	
Cano PVC Ø 0,2 (metro)	R\$ 3,00 x 2,10 m
Luva	R\$ 1,20 x 2 unidades
Joelho	R\$ 1,00 x 8 unidades
“T”	R\$ 2,00 x 6 unidades
Outros	
Jumper Premium para Protoboard Macho-Fêmea 20 cm (Kit c/20)	R\$ 16,90
Protoboard 830 pontos	R\$ 16,90
Total	R\$ 269,83

Fonte: elaborado pela autora

APÊNDICE L. REQUISITOS DE PROJETO ALCANÇADOS.

Requisitos de projeto priorizados	Considerações	Requisito alcançado
1º O equipamento deve ser passível de ser operado por uma só pessoa.	Para que o equipamento inicie um ciclo de separação é necessário apenas ligá-lo à rede elétrica, adicionar as tampas coloridas no receptor e fechar a tampa de segurança.	✓
2º Possibilitar maior número de tampinhas separadas em menor tempo.	O tempo de classificação de uma cor pelo sensor é de 1 segundo.	✓
3º Possuir receptores e contenedores grandes o suficiente para comportar vários modelos de tampinhas.	A capacidade dos contenedores é de 6kg, possuem duas opções (coletor e estrutura de espera para sacos) não são excluídas ainda outras possibilidades de contenedores na zona de saída.	✓
4º Estruturar o sistema para que mais de uma etapa seja realizada de forma simultânea.	O sistema de controle atua gerando simultaneidade de tarefas.	✓
5º Permitir melhor controle da realização da tarefa e de seus resultados.	O usuário tem maior controle da tarefa através do monitoramento da entrada de tampas em relação à saída individual em cada contenedor.	✓
6º Projetar interface amigável e intuitiva.	O equipamento possui funções intuitivas.	✓
7º Separar em sete cores padrão.	As cores classificadas são vermelho, verde, azul, laranja, amarelo, branco e preto e um contenedor à parte agrupa outras cores em menor quantidade.	✓
8º Avisar ao colaborador sempre que o equipamento permitir novo ciclo.	Esta funcionalidade foi suprimida por questões de custos, mas pode ser facilmente adicionada utilizando um <i>display</i> ou dispositivos luminosos e/ou sonoros.	✗
9º Viabilizar soluções ergonômicas nas zonas de interação do usuário com o equipamento.	O percentil de estatura da faixa etária na qual abrange o público-alvo pretendido foi considerado durante ao projeto do equipamento.	✓
10º Possuir princípios de segurança (elétrica, mecânica, etc).	O equipamento trava sempre que a tampa de segurança, localizada na zona de entrada, está aberta.	✓
11º Permitir o uso de ferramentas padrão para a manutenção do equipamento.	As partes do equipamento foram projetadas visando o uso de encaixes e ferramentas como chave de fenda e Philips, para que se necessário sejam facilmente acessadas.	✓
12º Projetar a estrutura do equipamento visando um menor número de peças e componentes.	Foi utilizado o menor número de componentes possível visando alcançar as funcionalidades pretendidas.	✓

(continua)

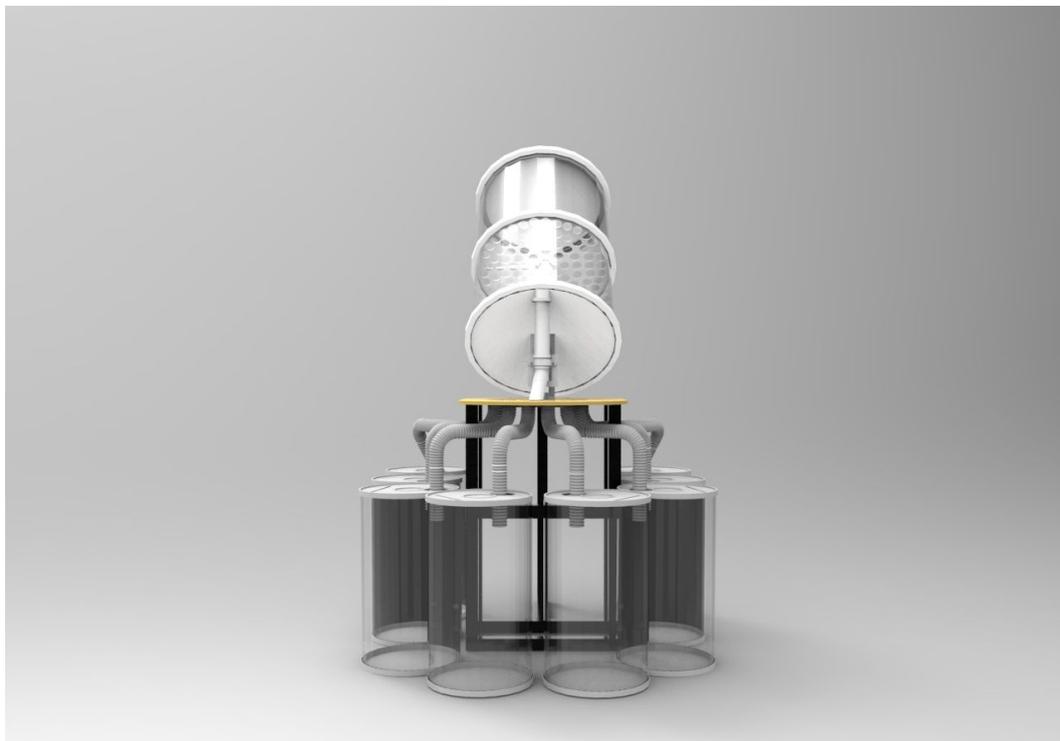
(continuação)

13º	Utilizar materiais que permitam fácil higienização.	Os materiais escolhidos para o projeto podem ser facilmente higienizados.	✓
14º	Utilizar materiais e sistemas de valor acessível.	O projeto do equipamento foi baseado em materiais e sistemas de valor acessível.	✓
15º	Eliminar a necessidade de manuseio direto do colaborador com as tampinhas.	O usuário ainda entra contato direto com as tampas durante a colocação das mesmas na zona de entrada e durante a retirada das tampas fora do padrão.	✗
16º	Optar por materiais leves e resistentes.	Os materiais utilizados possuem essas características.	✓
17º	Facilitar a produção do equipamento (replicabilidade).	O equipamento foi projetado visando a produção facilitada de peças e componentes.	✓
18º	Utilizar dispositivos que facilitem o transporte do equipamento.	Não foram instalados rodízios na solução final gerada.	✗

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE M - RENDERS DA SOLUÇÃO (VISTAS E DETALHES)

Vista frontal da solução (sem escala).



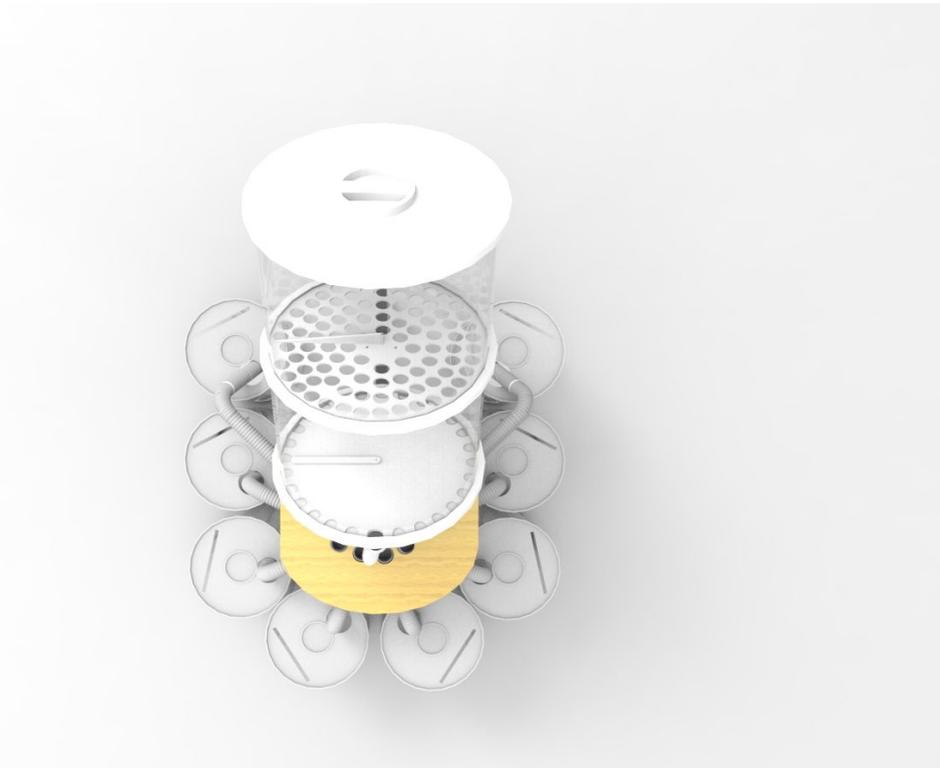
Fonte: elaborado pela autora.

Vista posterior da solução (sem escala).



Fonte: elaborado pela autora.

Vista superior da solução (sem escala).



Fonte: elaborado pela autora.

Vista lateral direita da solução (sem escala).



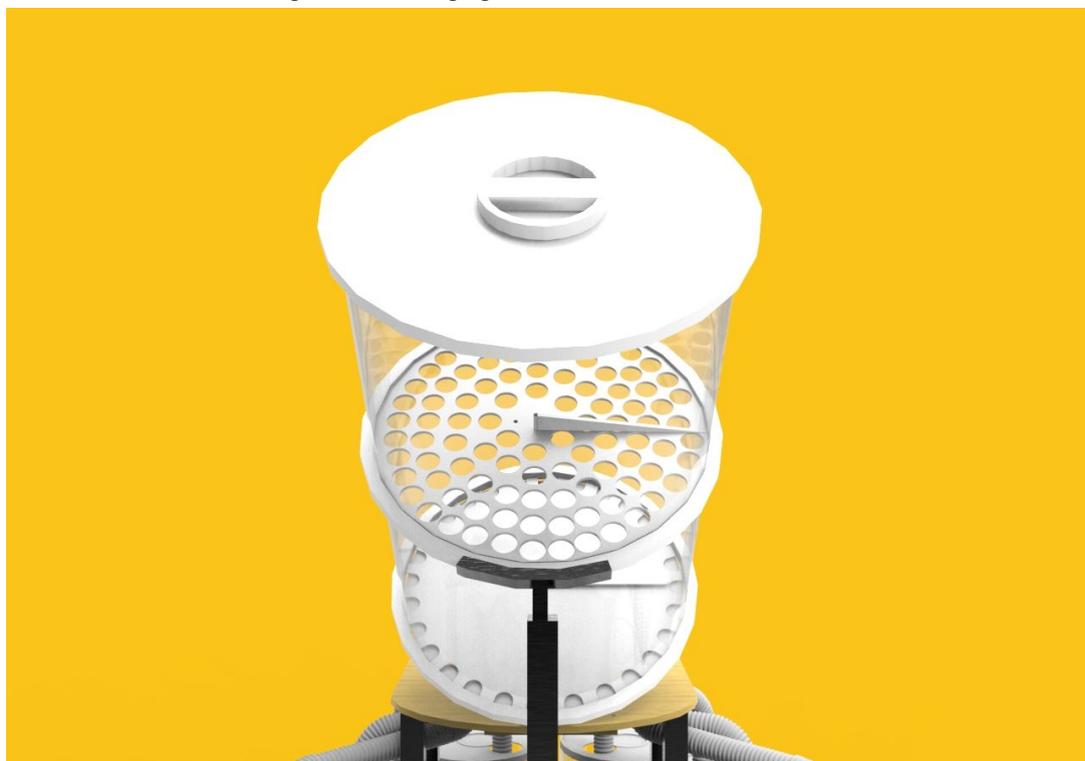
Fonte: elaborado pela autora.

Vista lateral esquerda: principais zonas em destaque.



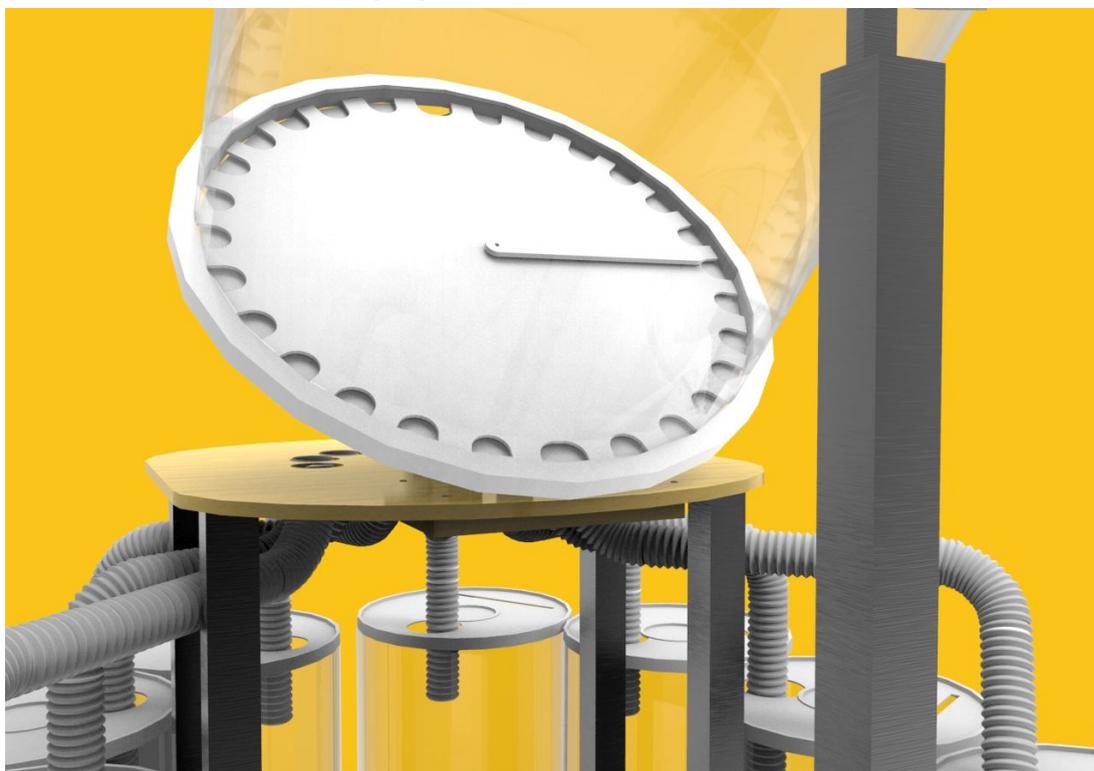
Fonte: elaborado pela autora.

Vista posterior: Tampa permite abertura da zona de entrada.



Fonte: elaborado pela autora.

Vista em perspectiva: zona de ordenação em detalhe.



Fonte: elaborado pela autora.

Vista frontal: zona de saída em detalhe.



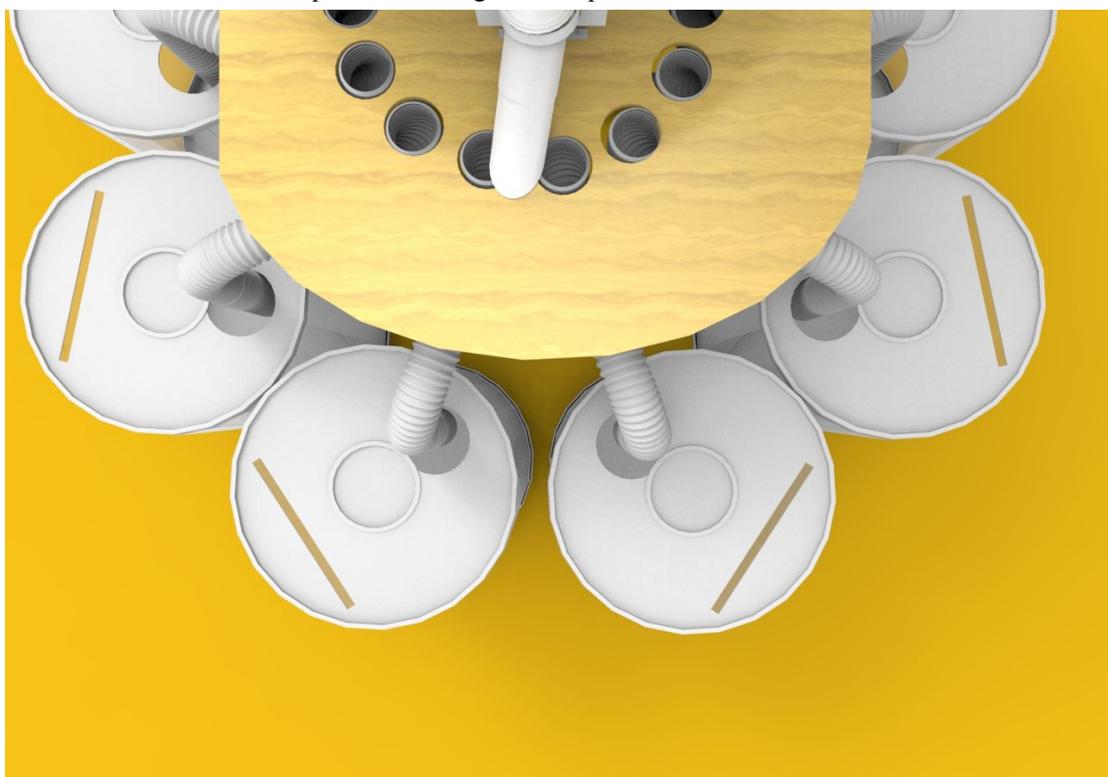
Fonte: elaborado pela autora.

Vista em perspectiva: componentes em detalhe.

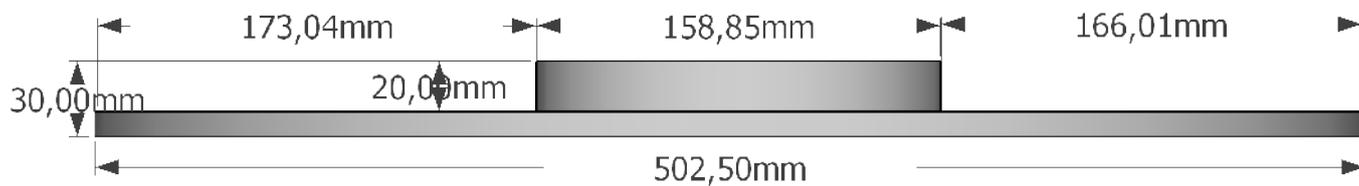


Fonte: elaborado pela autora.

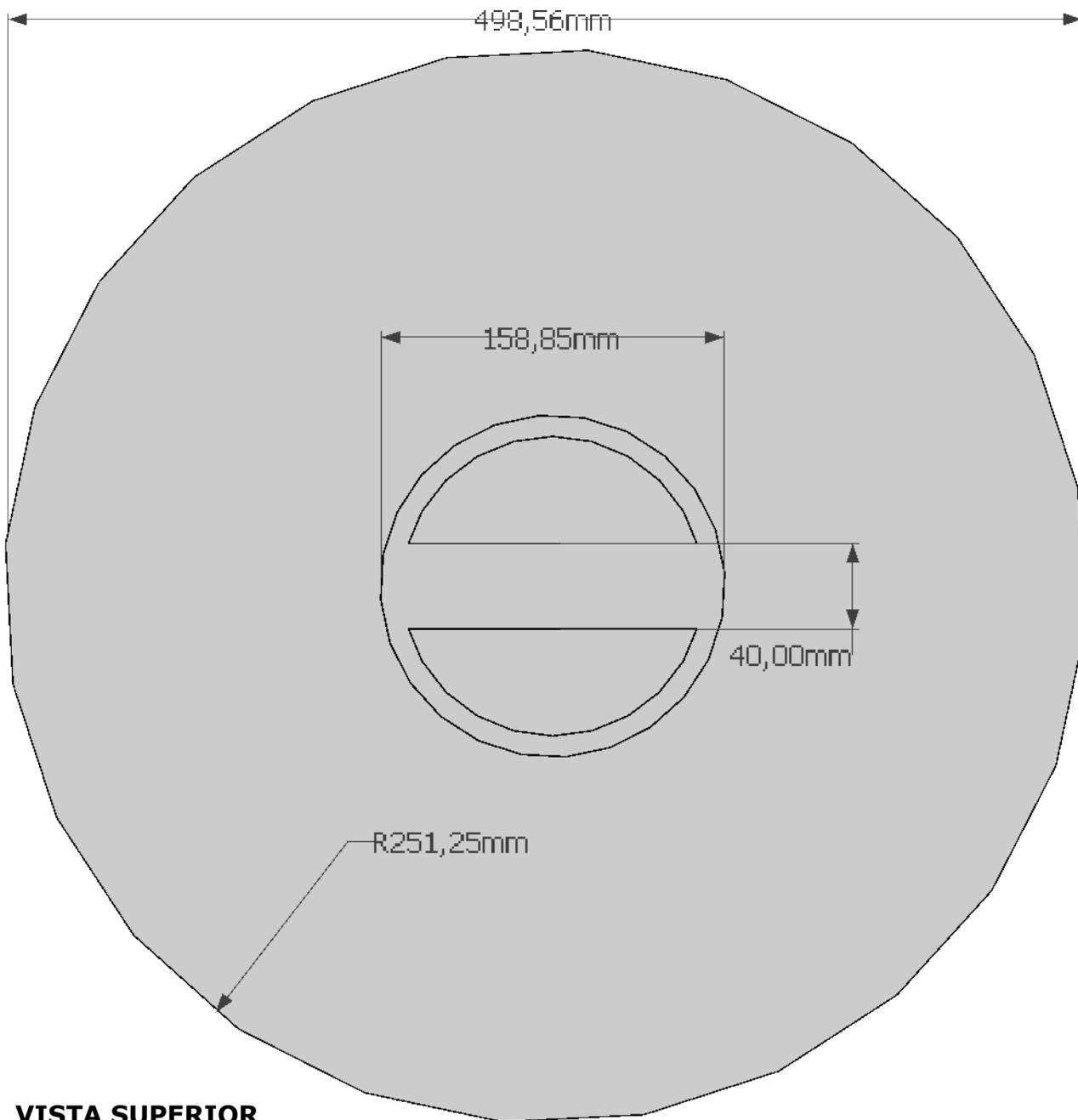
Vista superior: área de giro do dispositivo de saída em detalhe.



Fonte: elaborado pela autora.



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldivino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Tampa

Prancha:

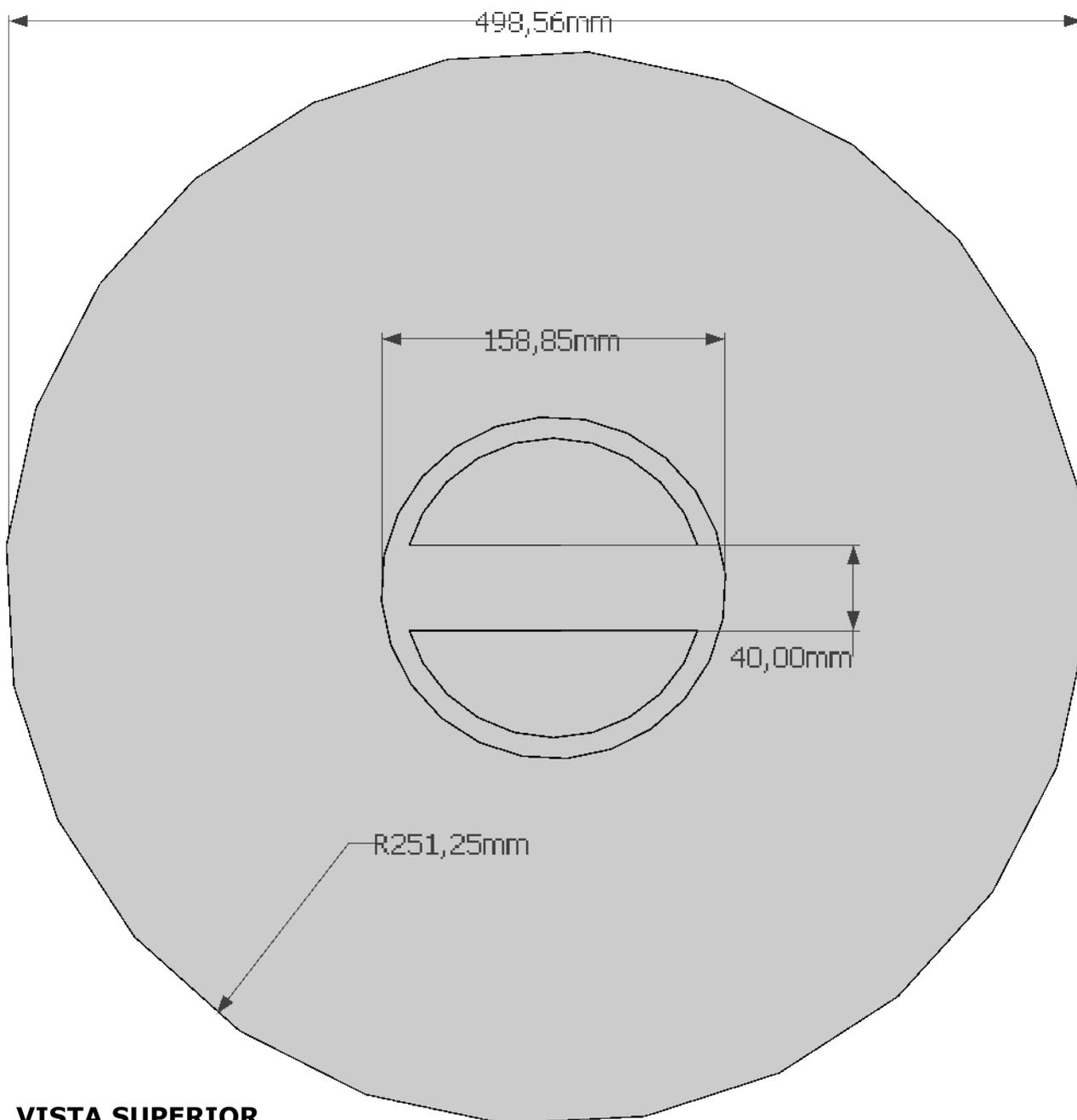
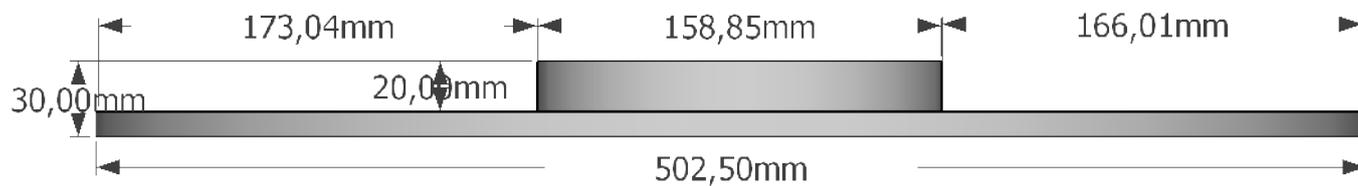
Unidade:

mm

Escala:

1:3

01



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldivino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Tampa

Prancha:

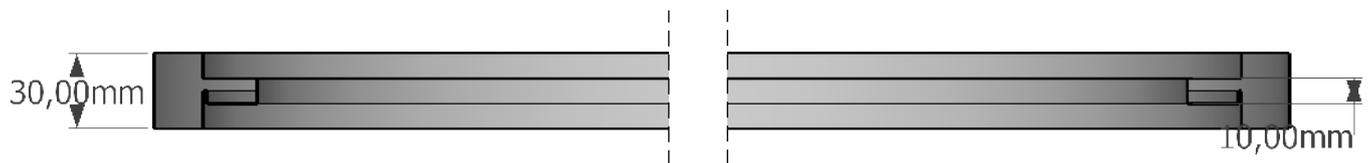
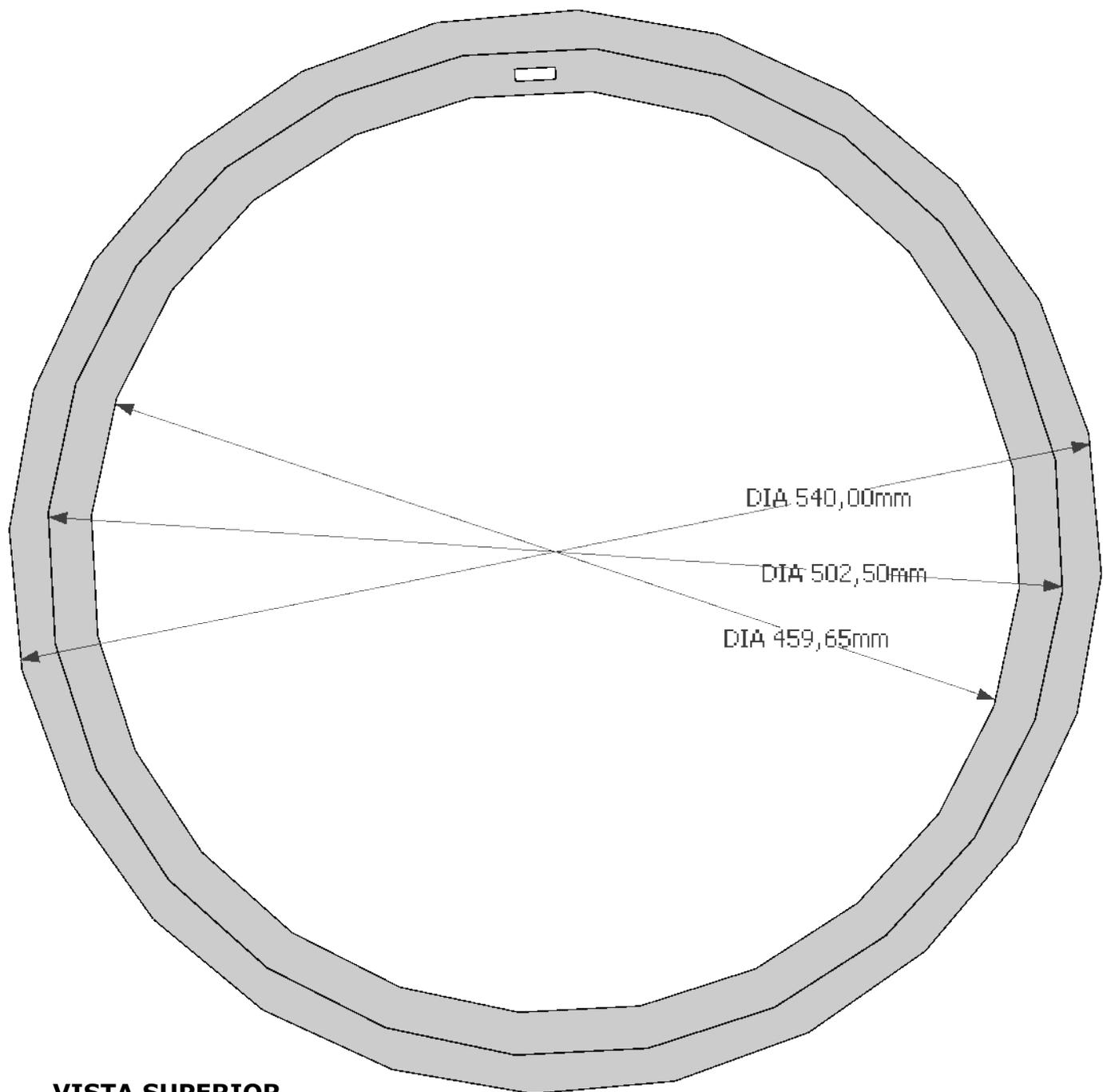
Unidade:

mm

Escala:

1:3

01

**CORTE TRANSVERSAL****VISTA SUPERIOR**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Tampa (apoio)

Prancha:

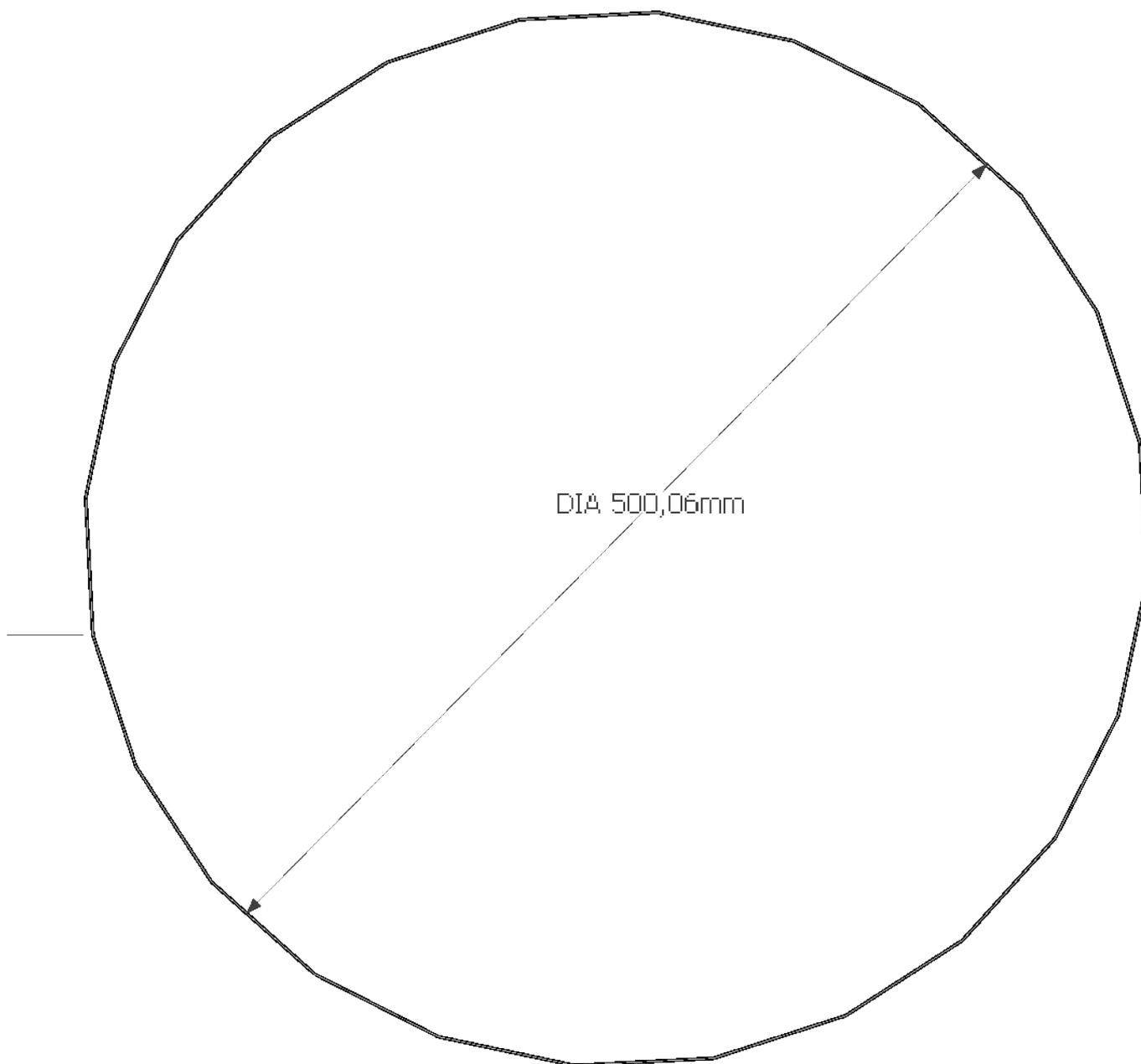
Unidade:

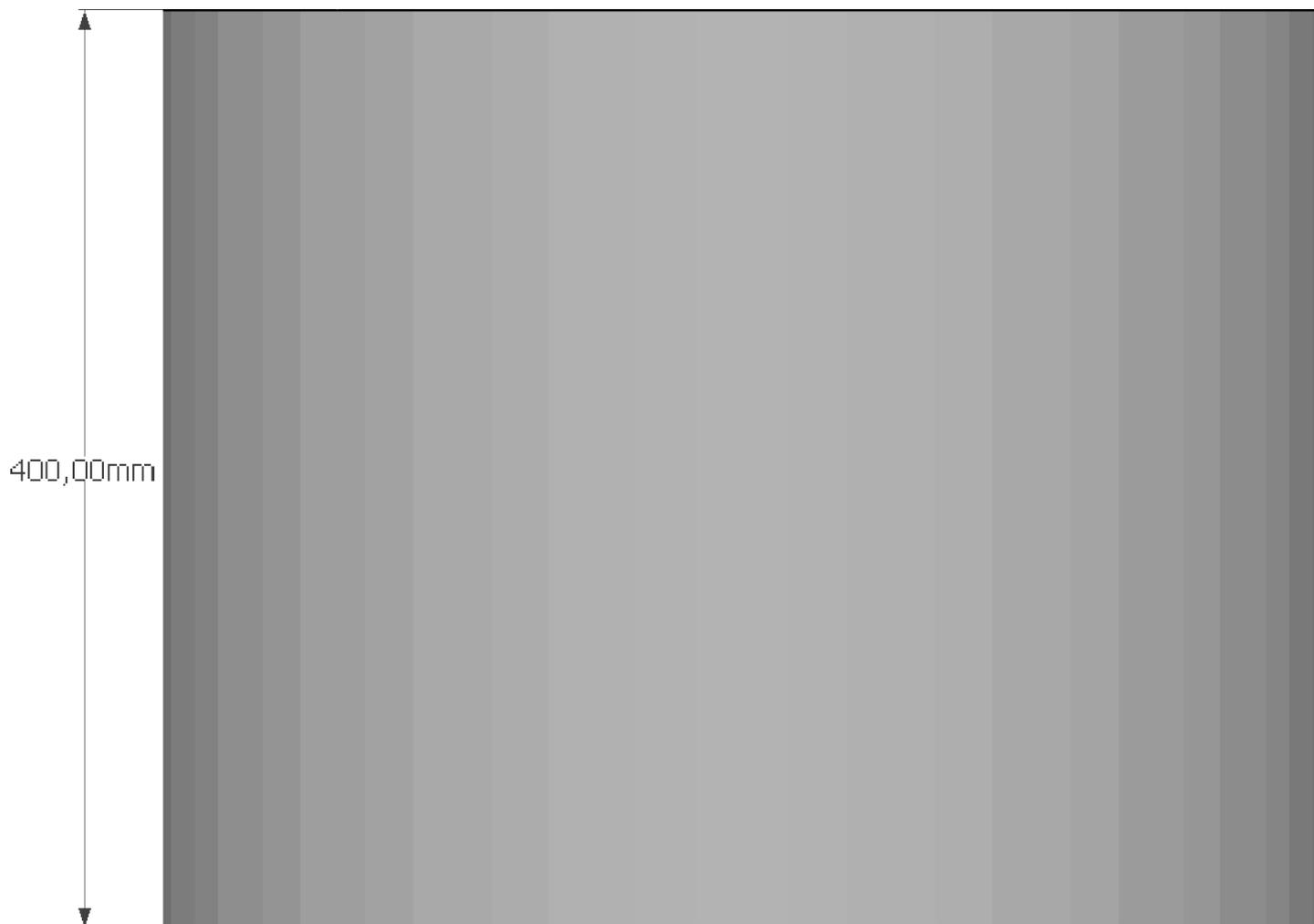
mm

Escala:

1:3

02

**VISTA SUPERIOR****UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul****Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto****Aluna: Greice Carvalho Caldivino****Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.****Assunto: Invólucro (vista superior)****Prancha:****Unidade: mm****Escala: 1:3****03**

**VISTA FRONTAL**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Calvovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

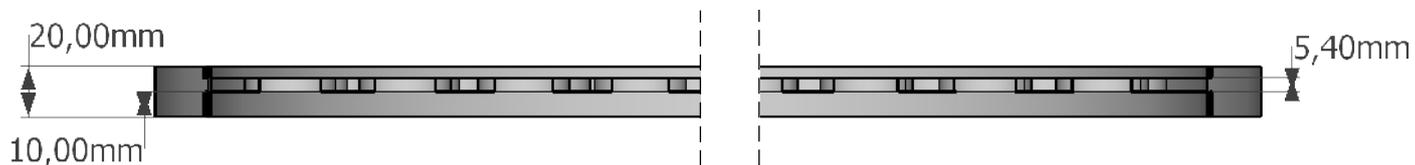
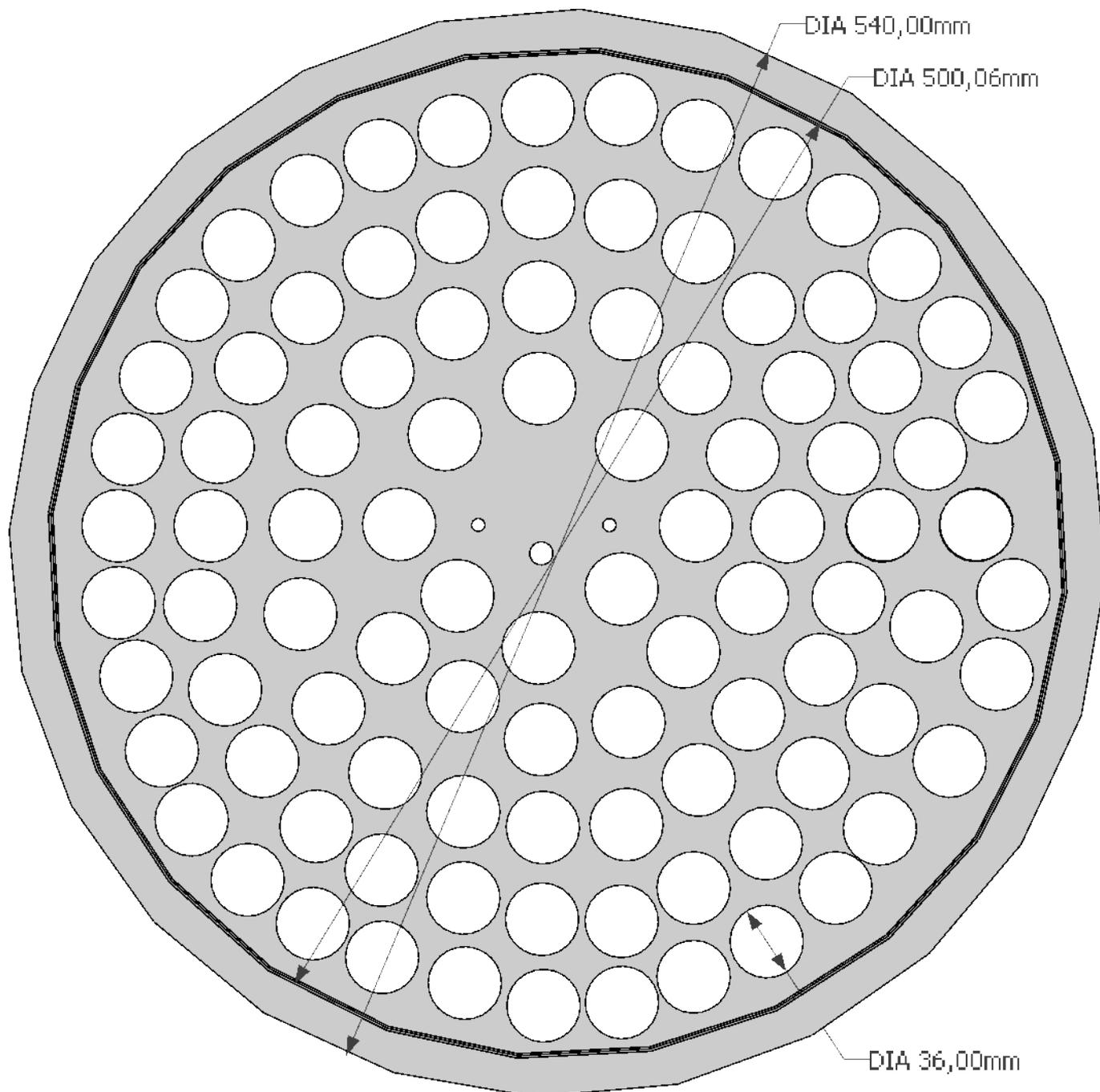
Assunto: Invólucro (vista frontal)

Prancha:

Unidade: mm

Escala: 1:3

04

**CORTE TRANSVERSAL****VISTA SUPERIOR**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldivino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Grade

Prancha:

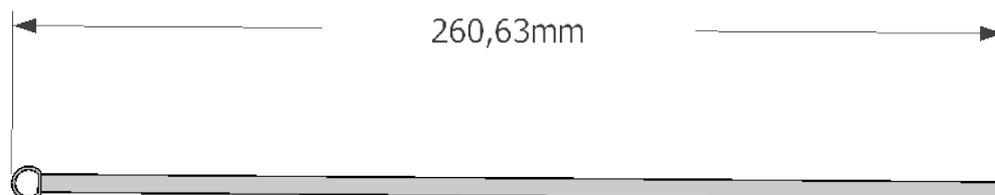
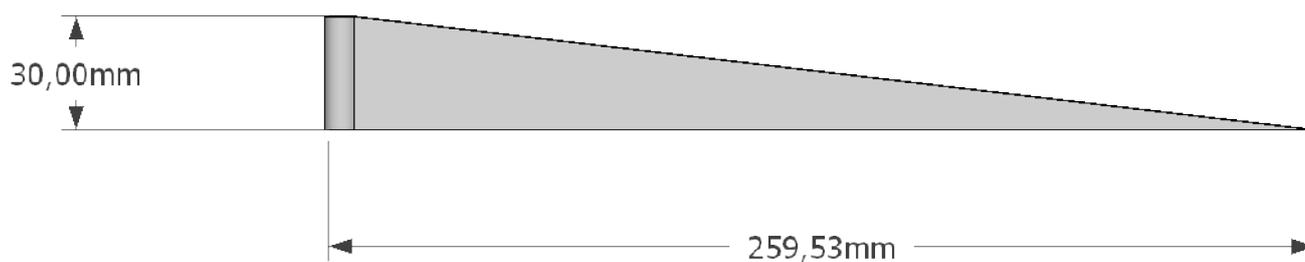
Unidade:

mm

Escala:

1:3

05

**VISTA SUPERIOR****VISTA FRONTAL**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Misturador

Prancha:

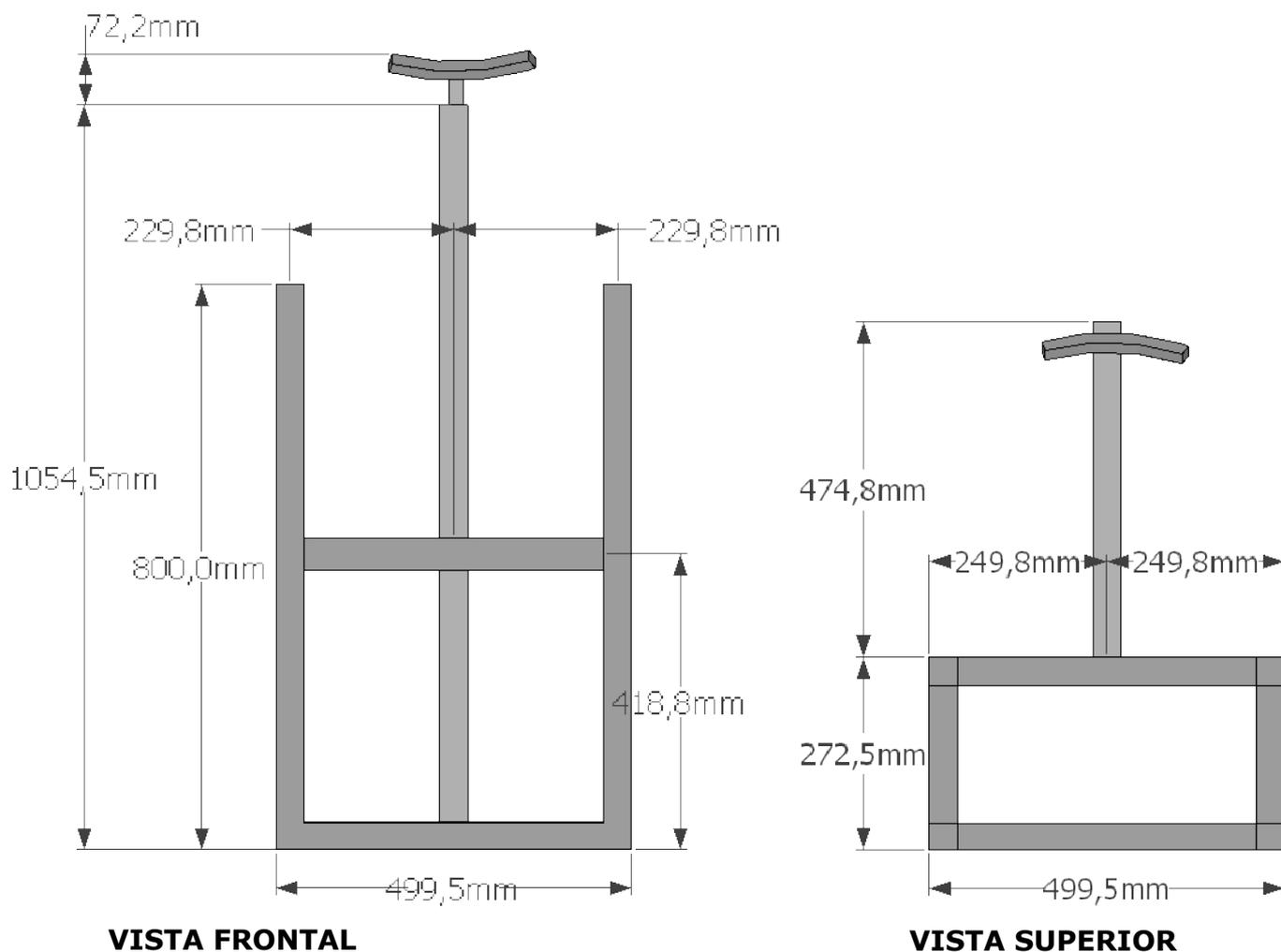
Unidade:

mm

Escala:

1:2

06



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho CaldoVino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Estrutura

Prancha:

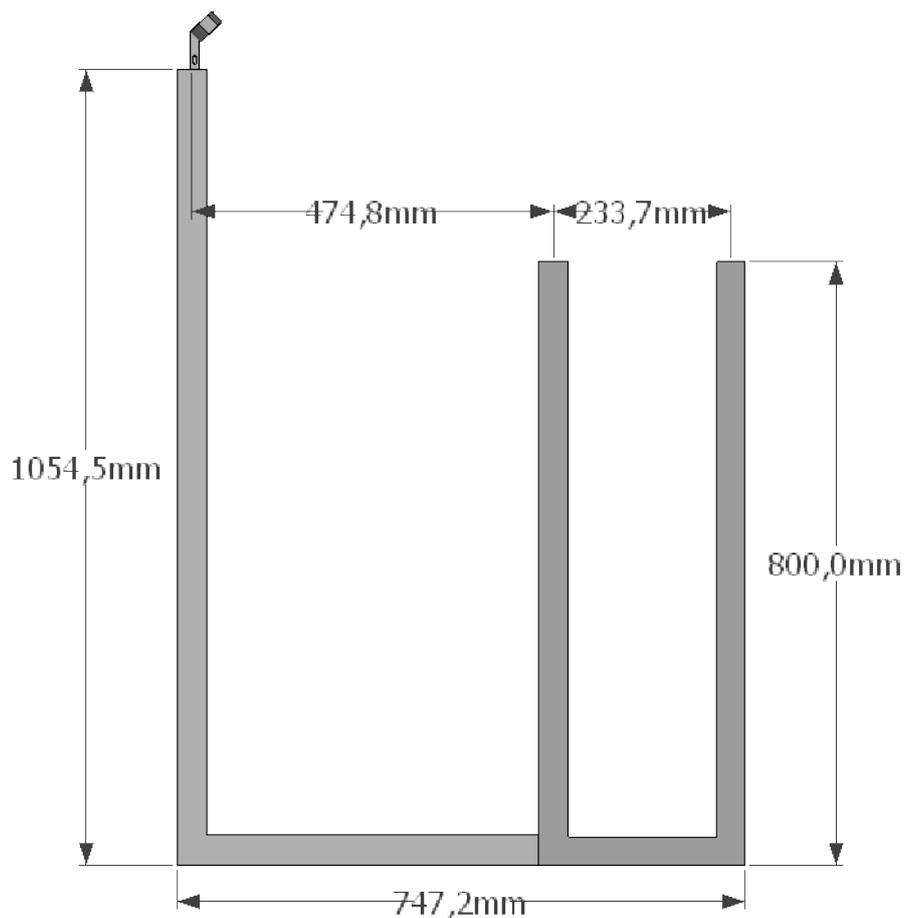
Unidade:

mm

Escala:

1:10

07

**VISTA LATERAL**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho CaldoVino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Estrutura

Prancha:

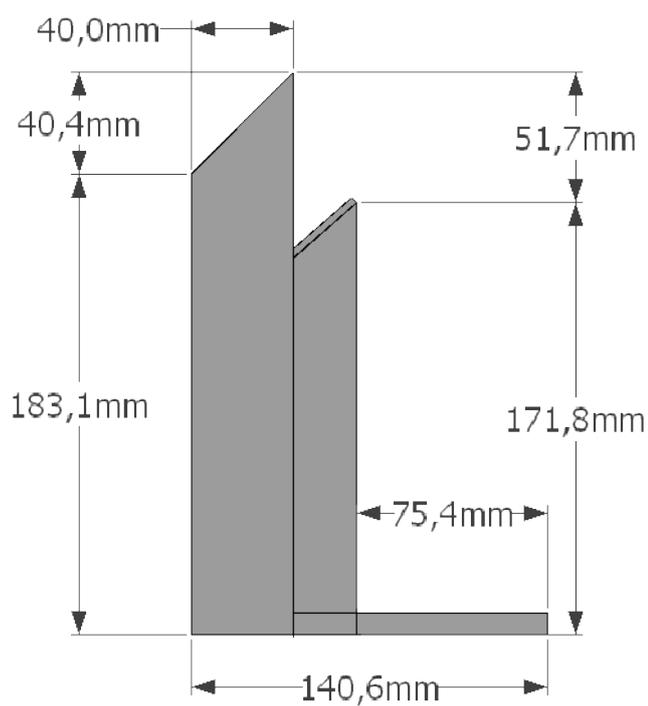
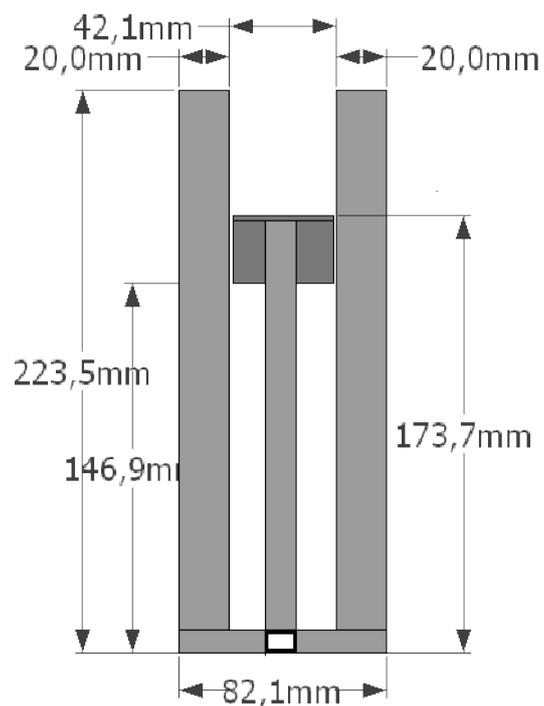
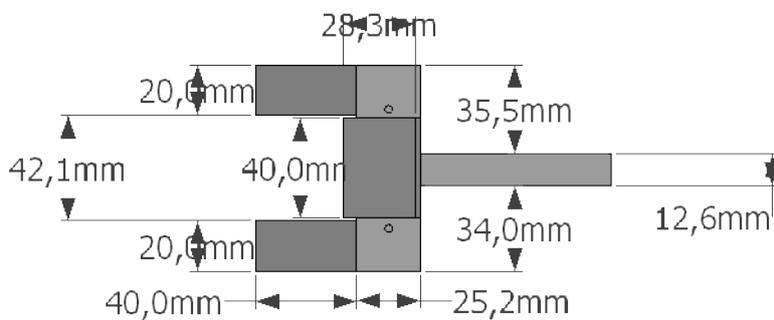
Unidade:

mm

Escala:

1:10

08

**VISTA LATERAL****VISTA FRONTAL****VISTA SUPERIOR**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Suporte

Prancha:

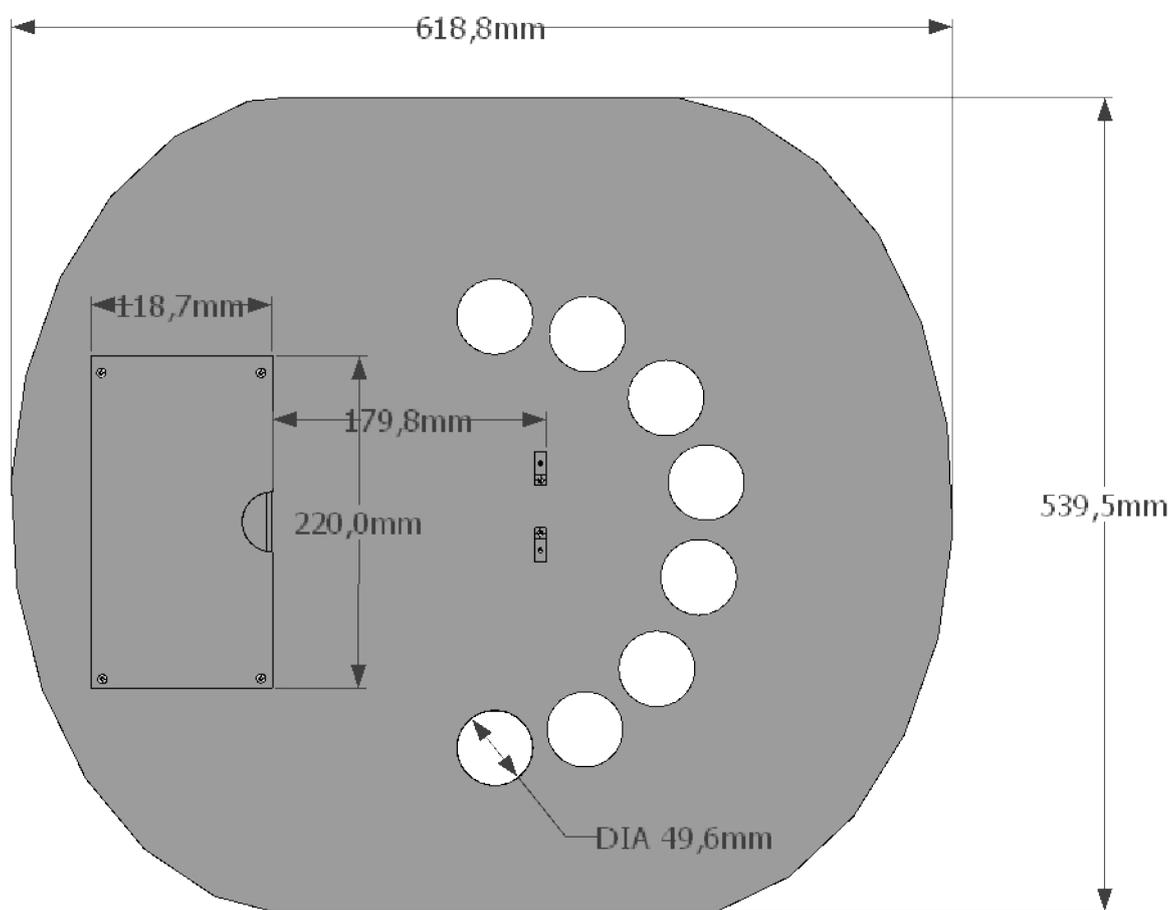
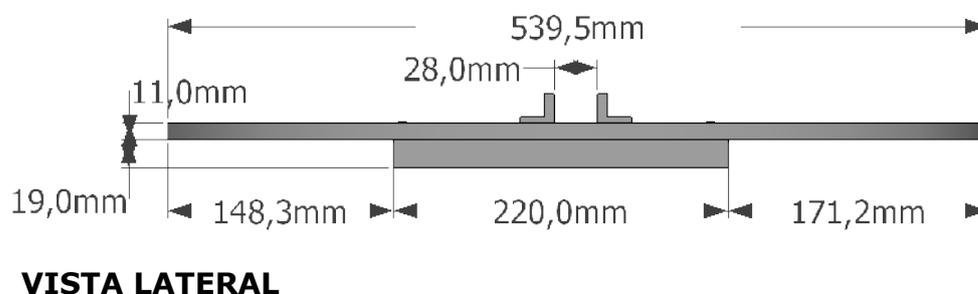
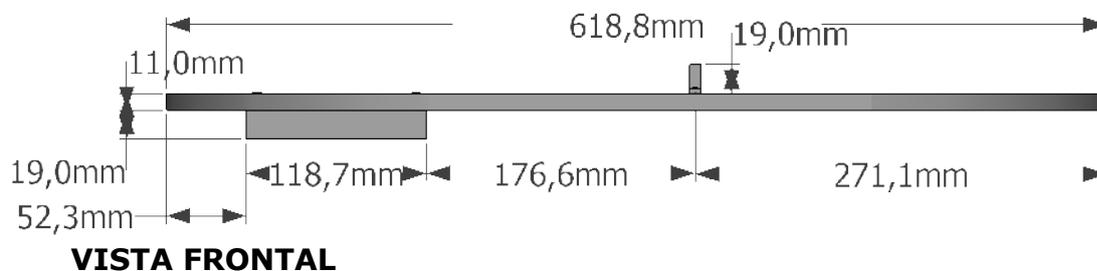
Unidade:

mm

Escala:

1:3

09



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho CaldoVino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Base

Prancha:

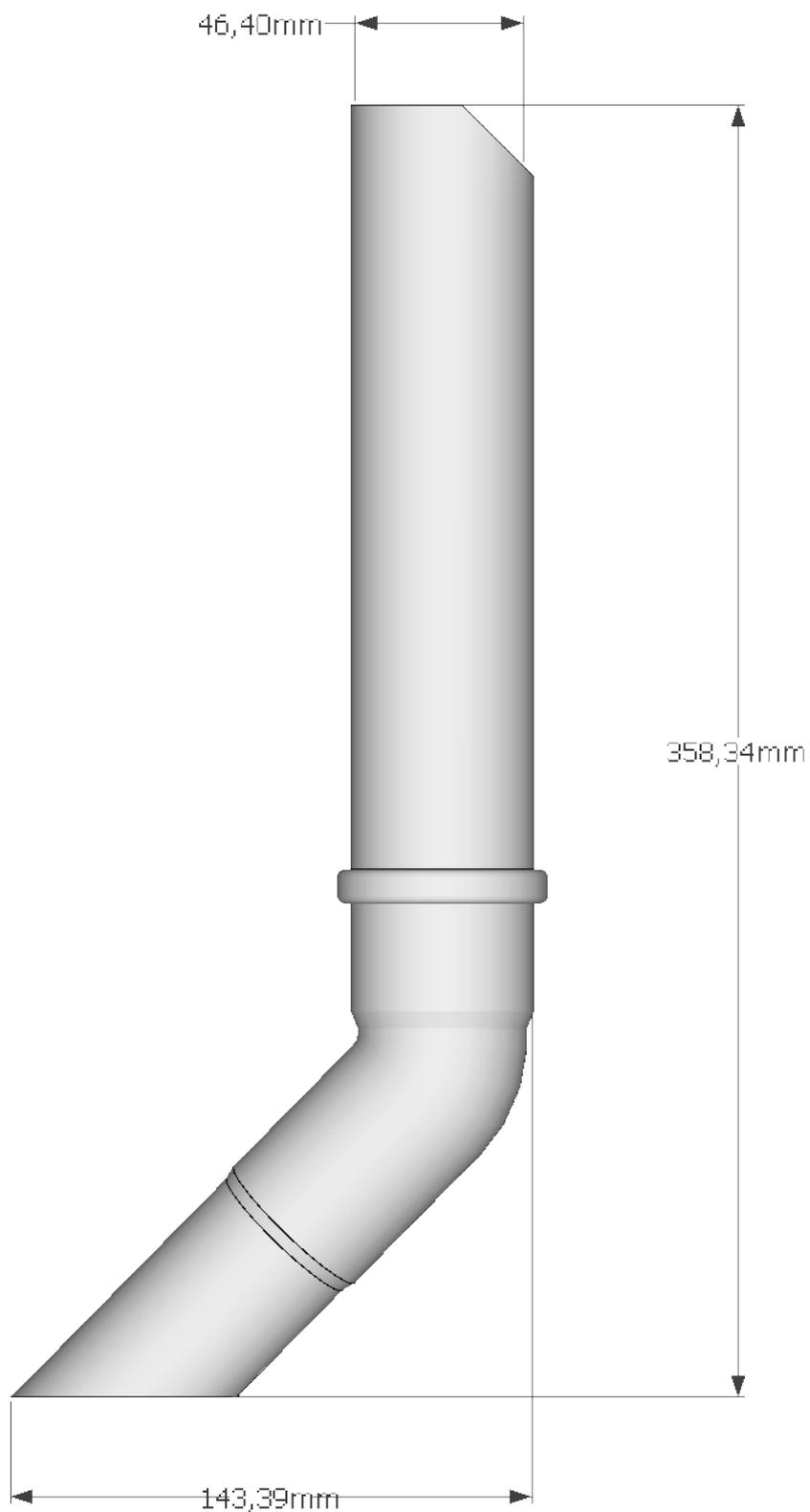
Unidade:

mm

Escala:

1:5

10



VISTA LATERAL

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho CaldoVino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Tubo de saída

Prancha:

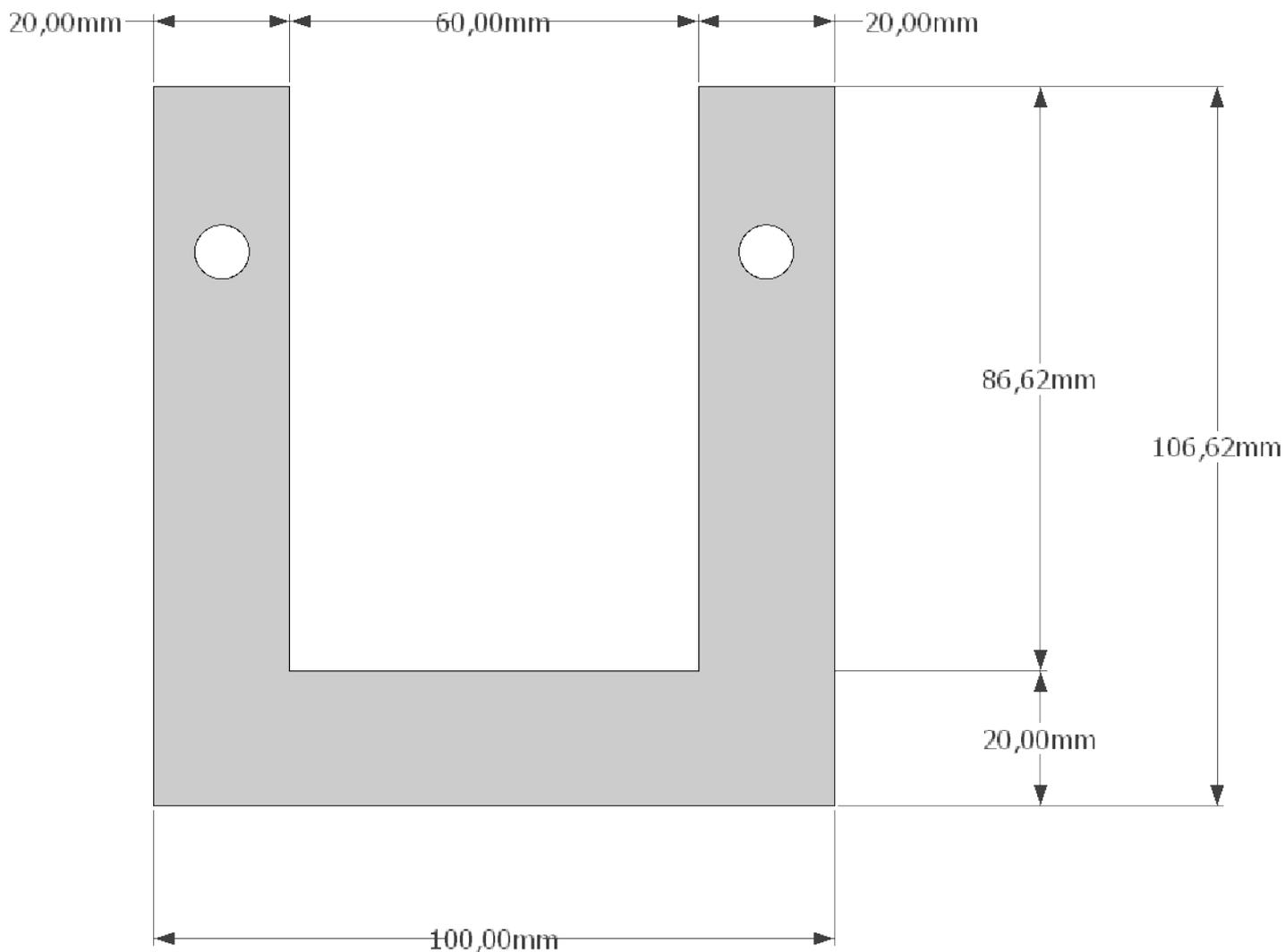
Unidade:

mm

Escala:

1:2

11

**VISTA FRONTAL**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Calvovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Suporte Tubo

Prancha:

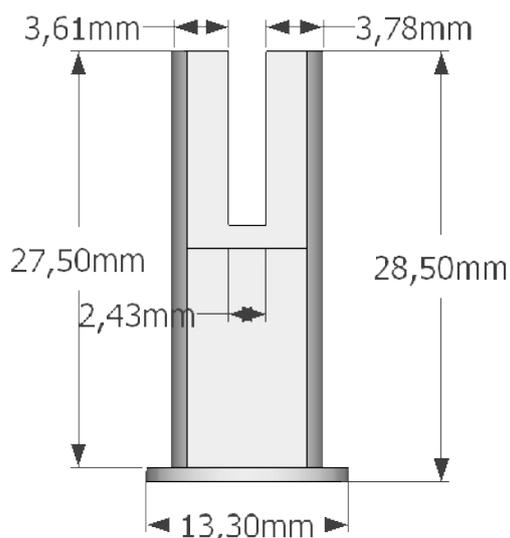
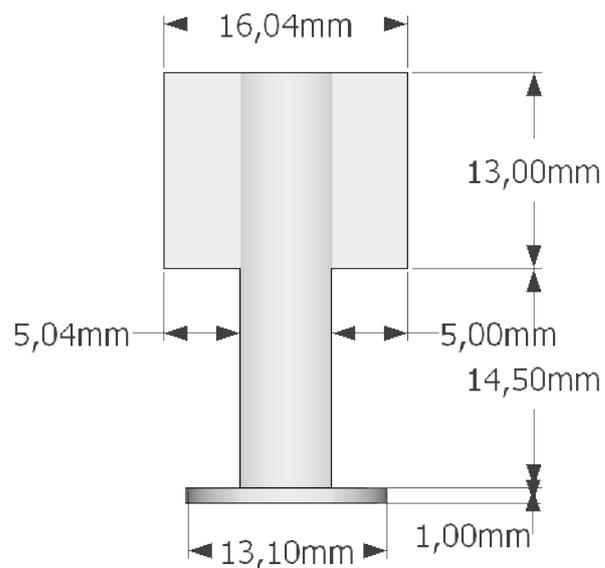
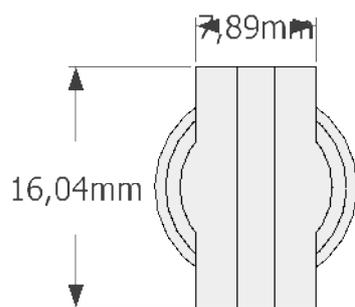
Unidade:

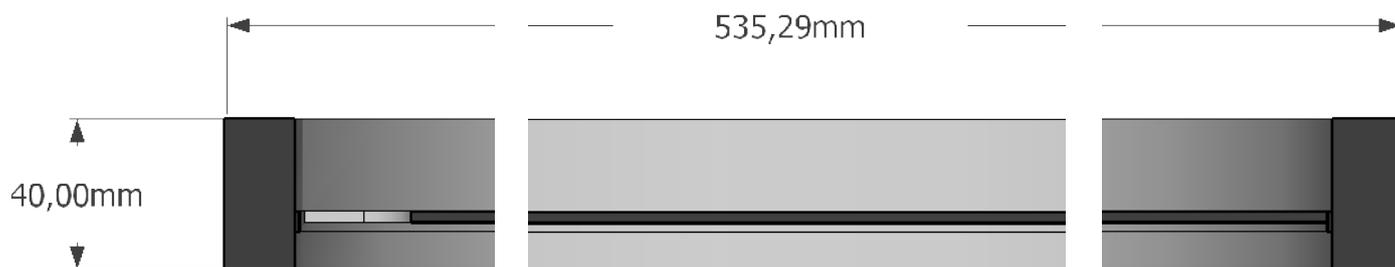
mm

Escala:

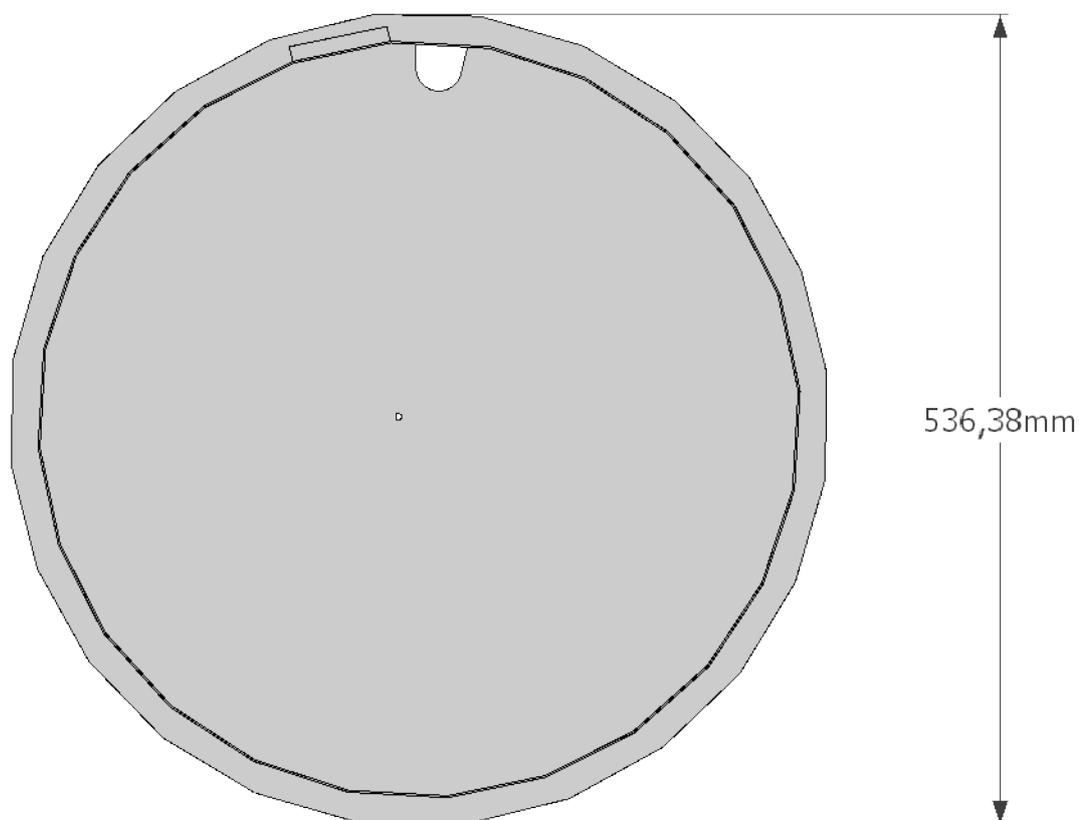
1:1

12

**VISTA FRONTAL****VISTA LATERAL****VISTA SUPERIOR****UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul****Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto****Aluna: Greice Carvalho CaldoVino****Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.****Assunto:****Suporte Tubo 2****Prancha:****Unidade:****mm****Escala:****2:1****13**



CORTE TRANSVERSAL 1:2



VISTA SUPERIOR 1:5

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldivino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Base ordenador

Prancha:

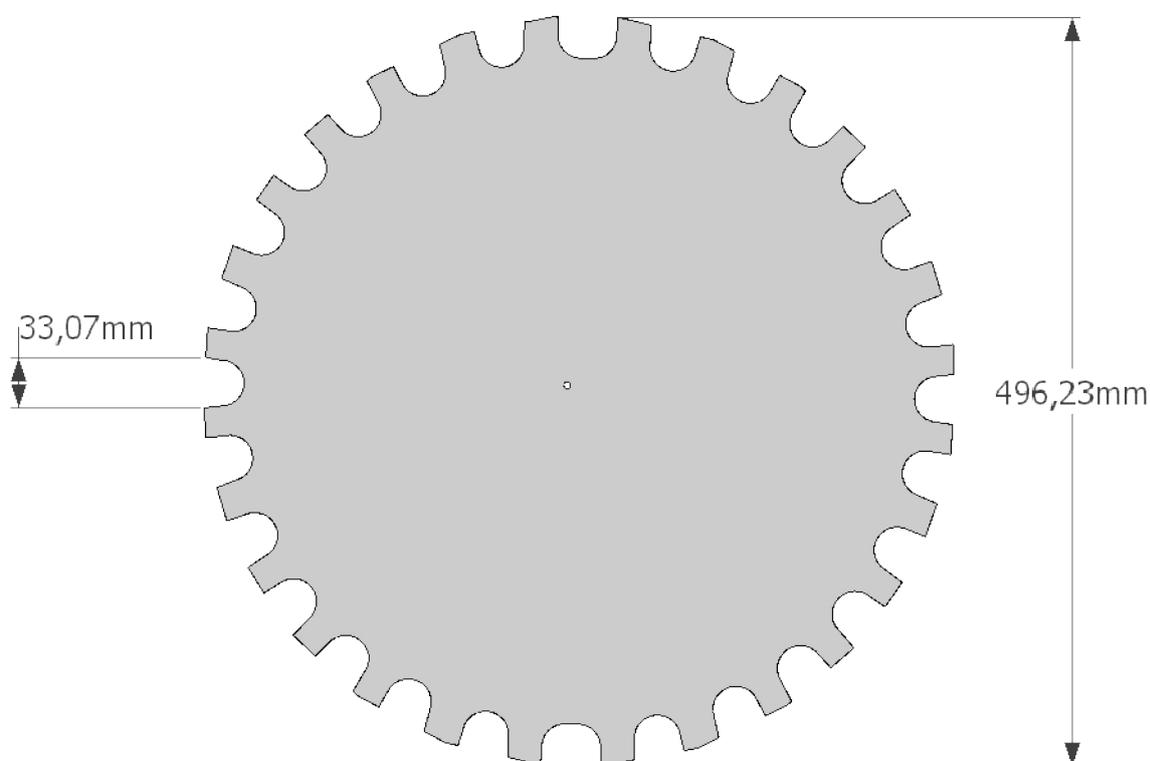
Unidade:

mm

Escala:

indicada

14

**VISTA LATERAL****VISTA SUPERIOR**

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho CaldoVino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Ordenador

Prancha:

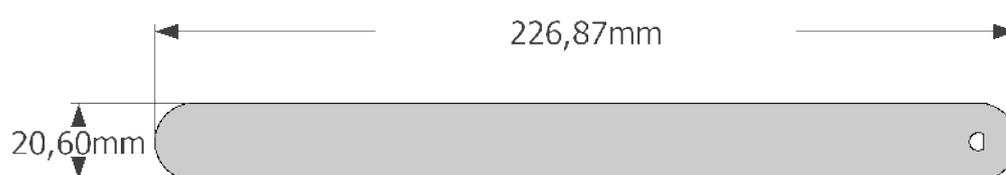
Unidade:

mm

Escala:

1:5

15



VISTA SUPERIOR

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Calvino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Misturador 2

Prancha:

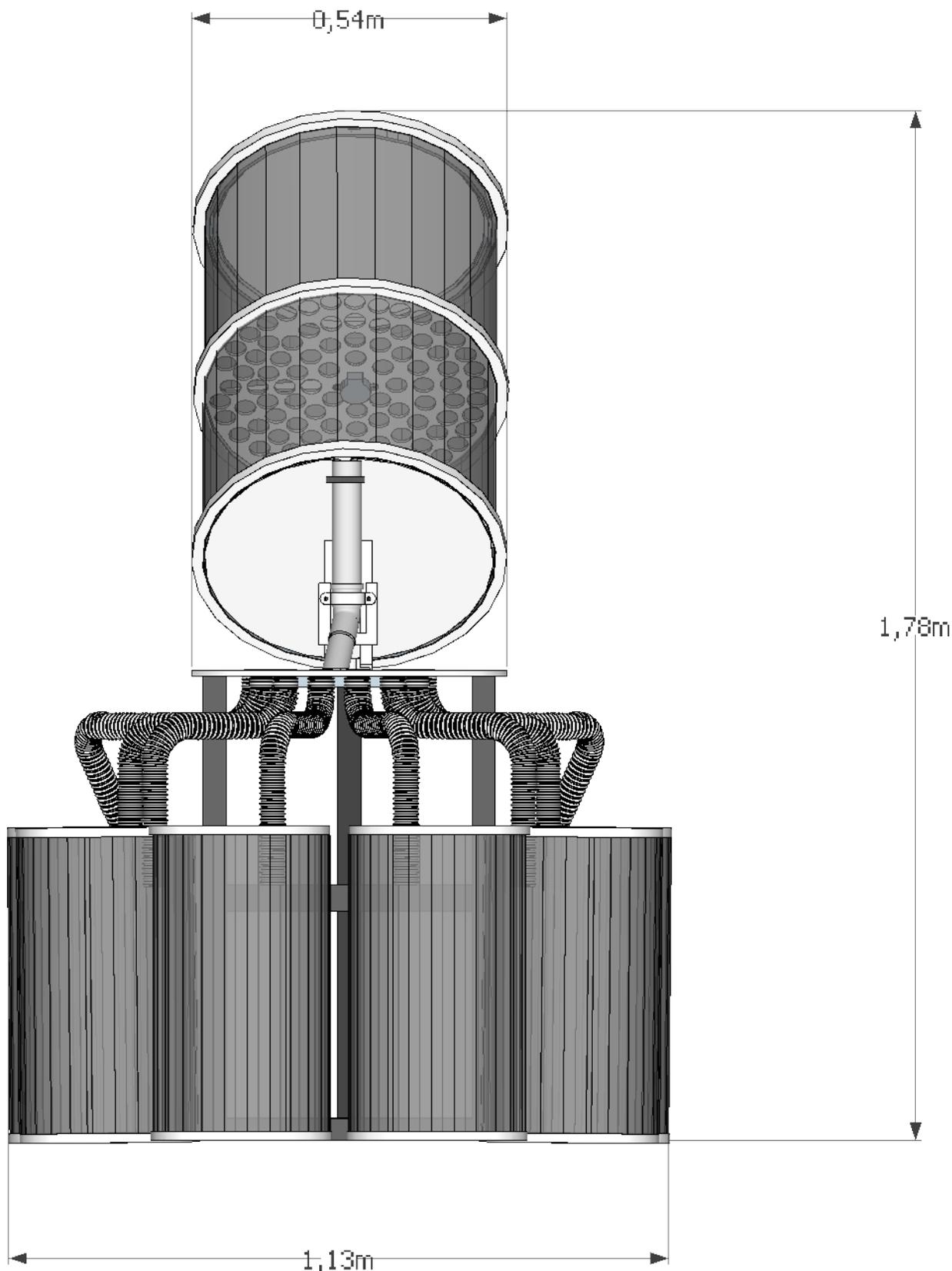
Unidade:

mm

Escala:

1:2

16



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldivino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Vista frontal

Prancha:

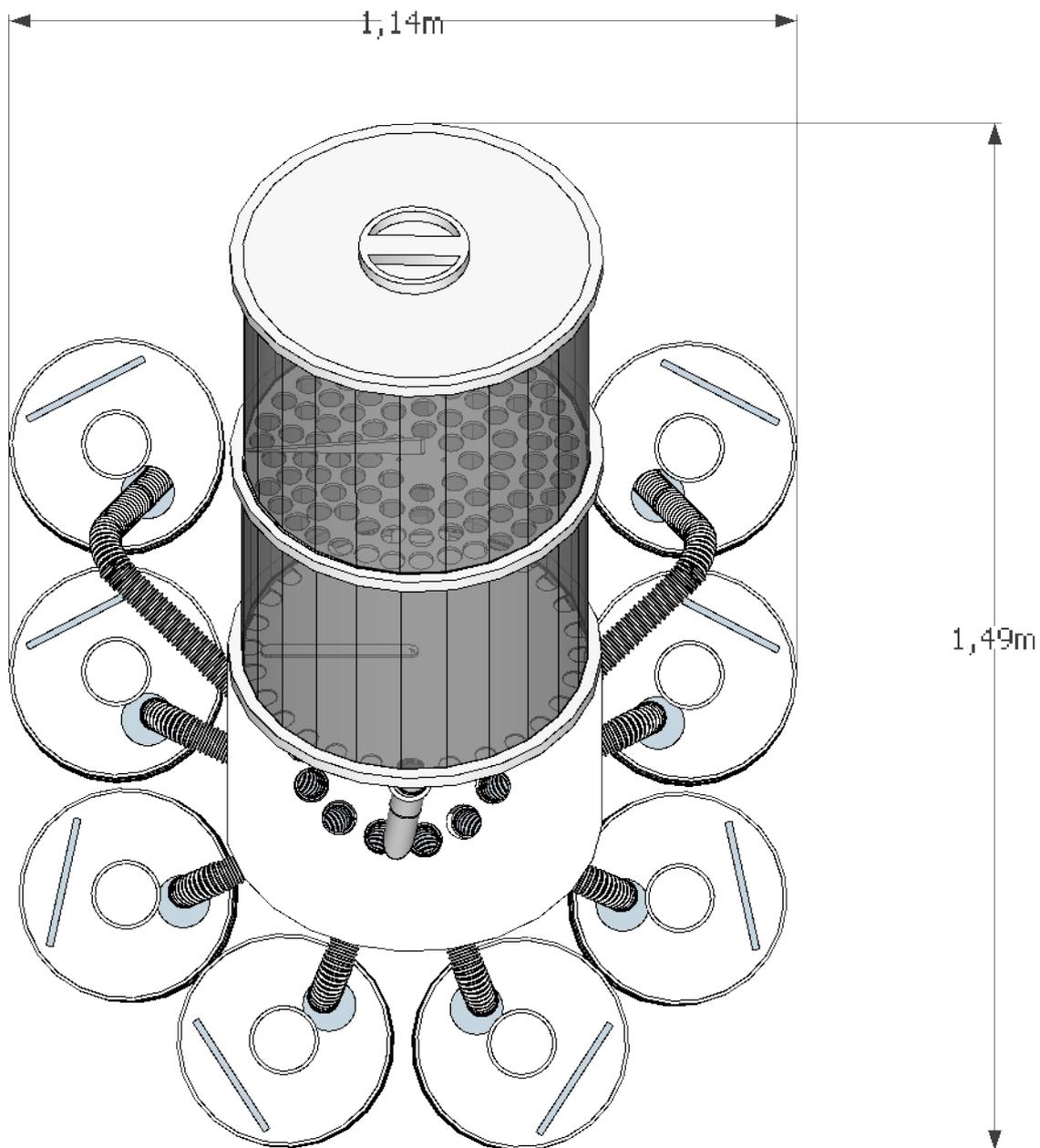
Unidade:

mm

Escala:

1:10

17



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Vista superior

Prancha:

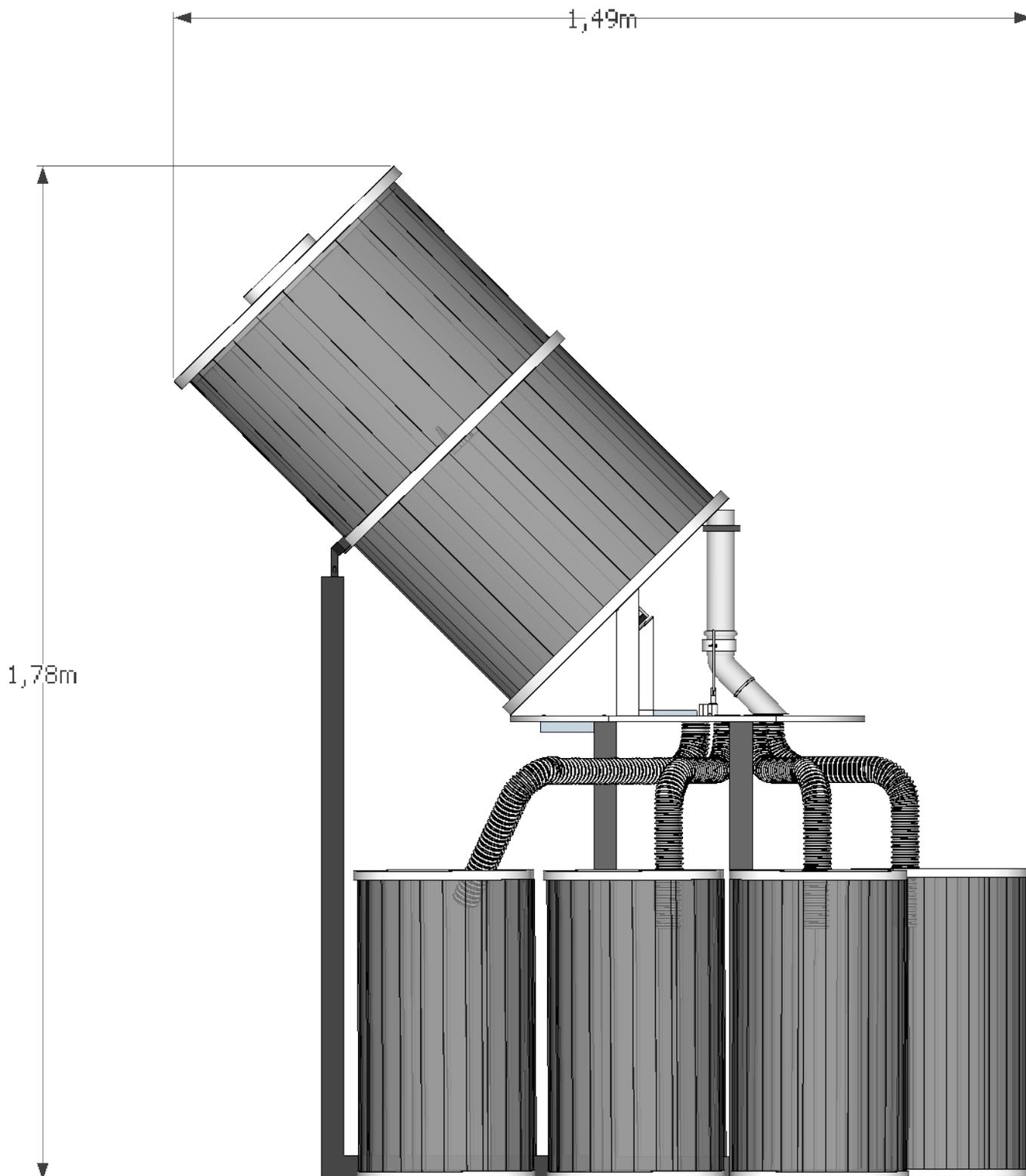
Unidade:

mm

Escala:

1:10

18



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho CaldoVino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Vista lateral

Prancha:

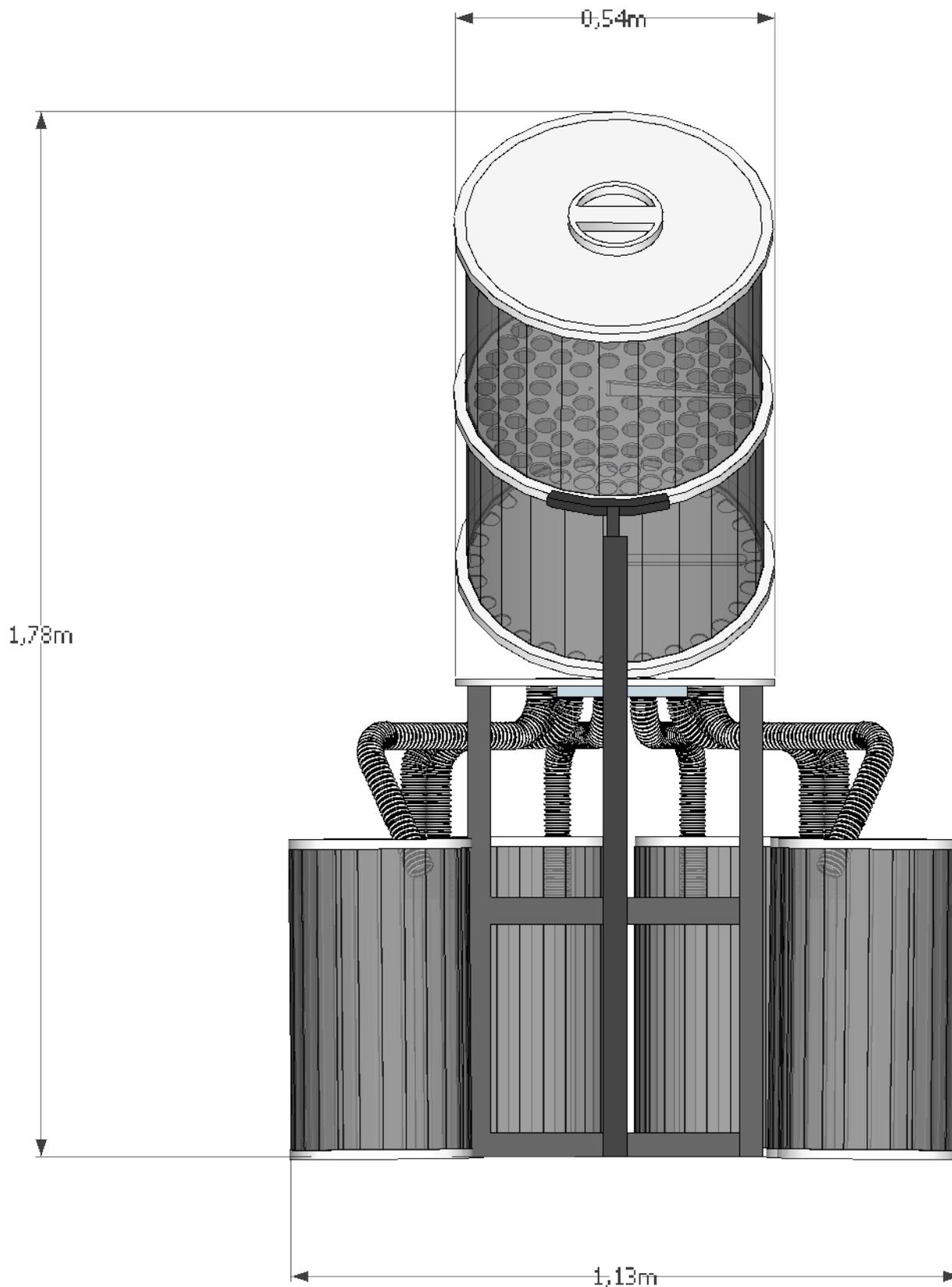
Unidade:

mm

Escala:

1:10

19



UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Trabalho de conclusão de curso - Design de Produto

Aluna: Greice Carvalho Caldovino

Equipamento de auxílio para triagem por cor de tampas poliméricas em situação de pós consumo.

Assunto:

Vista posterior

Prancha:

Unidade:

mm

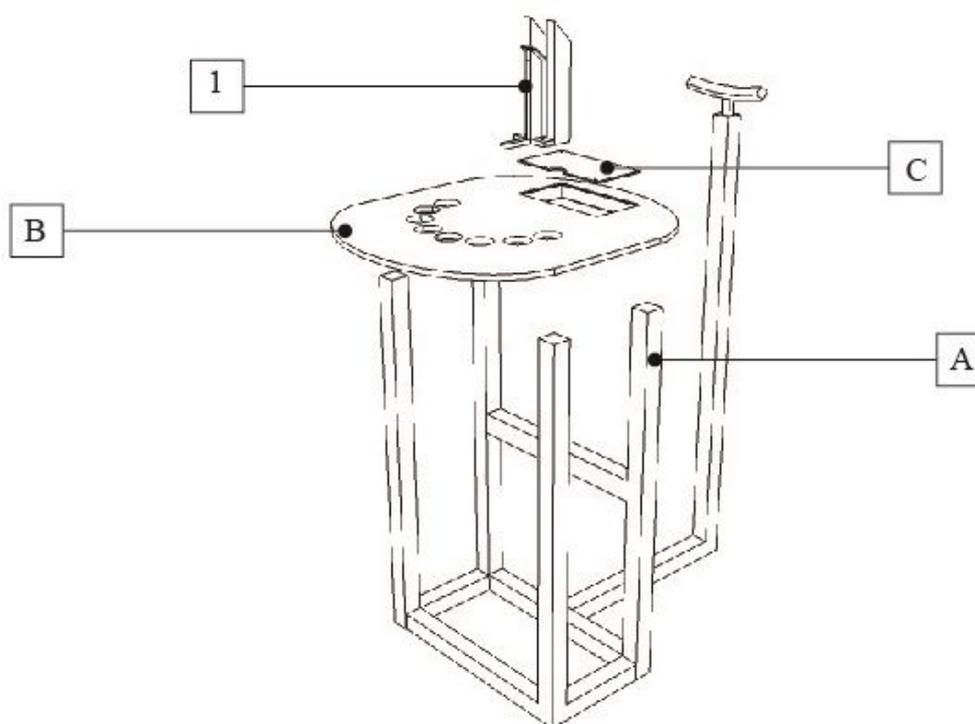
Escala:

1:10

20

APÊNDICE O - VISTAS EXPLODIDAS DAS PARTES E COMPONENTES DO SISTEMA E SUAS ESPECIFICAÇÕES

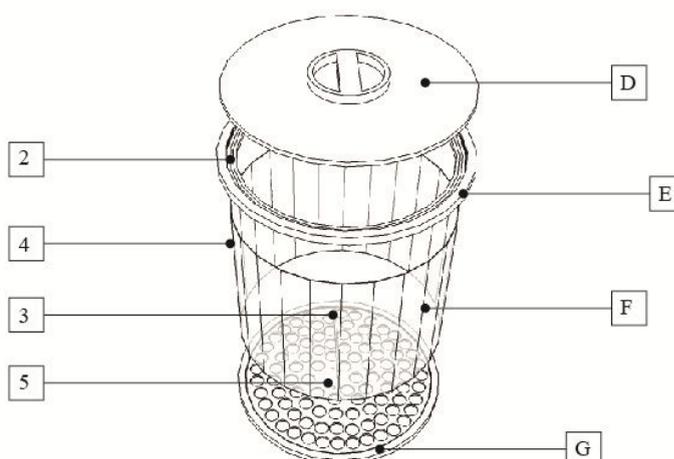
Corpo do equipamento: partes e componentes e suas especificações.



Corpo do equipamento			
Partes	Função	Materiais	Processos
a. Estrutura	Responsável por conferir sustentação ao equipamento.	Barra metálica	Junção por soldagem
b. Base	Compõem a estrutura, permite a fixação de partes e o intercâmbio entre as zonas de saída e os contenedores-alvo.	Chapa de MDF 6mm	Corte à laser
c. Caixa do sistema	Armazena os os componentes do sistema (placa, fios, conectores, plugue).	Chapa de MDF 6mm	Corte à laser
Componentes			
1. Escora/caminho dos fios	Peça que permite a fixação da base com a zona de ordenação.	PLA	Impressão 3D

Fonte: elaborado pela autora.

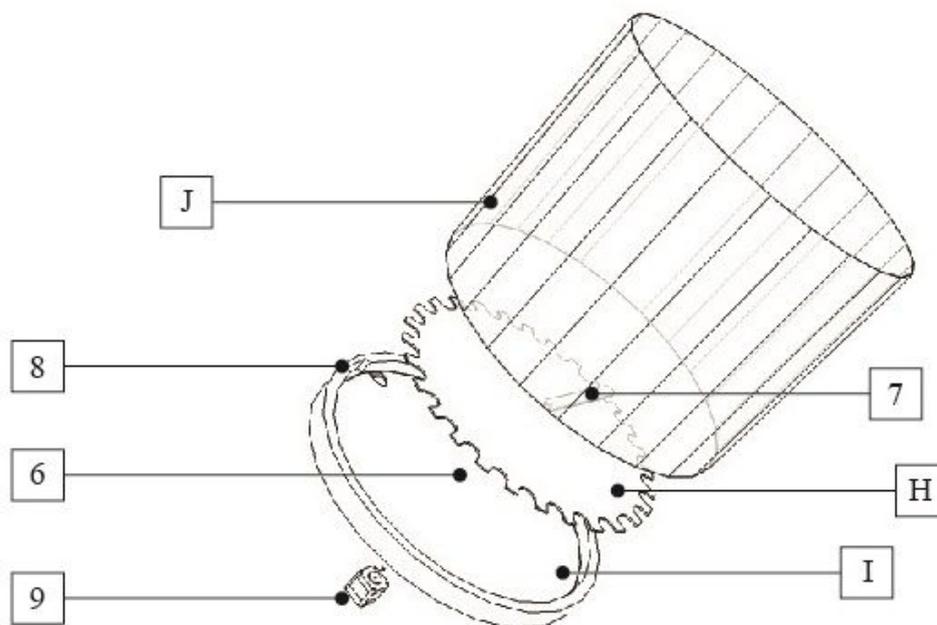
Zona de entrada: partes e componentes e suas especificações.



Zona de entrada			
Partes	Função	Materiais	Processos
d. Tampa (topo)	Permite o acesso ao interior do receptor e atua como a gente da função liga e desliga do equipamento.	PP	Injeção * tecnologia utilizada para a fabricação dos coletores
e. Tampa (apoio)	Atua juntamente com a tampa (topo) e serve como encaixe para o invólucro.	PP	Injeção * tecnologia utilizada para a fabricação dos coletores
f. Invólucro	Garante a estrutura cilíndrica do receptor e propicia o depósito de tampas.	Chapa de acetato	Moldável à forma
g. Grade/Base	Bloqueia a entrada de tampas fora do padrão e serve como encaixe para o invólucro.	MDF 3mm	Corte a laser
Componentes			
2. Sensor fim de curso	Dispositivo de segurança que bloqueia o funcionamento do equipamento toda vez que a tampa está fora de sua base apoio.	Componente disponível no mercado	Componente disponível no mercado
3. Misturador	Responsável por movimentar as tampas contidas na grade.	PLA	Impressão 3D
4. Cinta Hellermann	Agrupa e fixa as placas de acetato que formam o invólucro do receptor.	Componente disponível no mercado	Componente disponível no mercado
5. Motor de passo	Grante o movimento contínuo (360°) e controlado do misturador.	Componente disponível no mercado	Componente disponível no mercado

Fonte: elaborado pela autora.

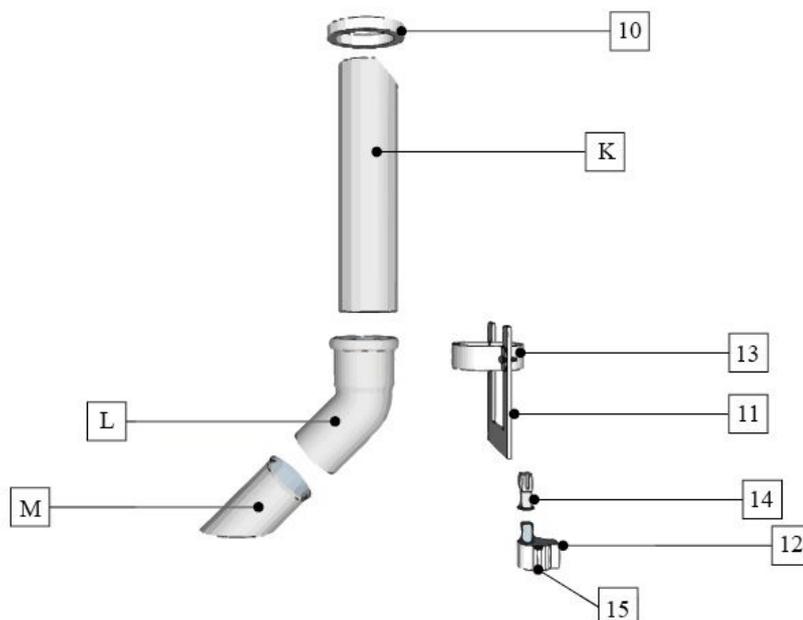
Zona de ordenação e classificação: partes e componentes e suas especificações.



Zona de ordenação e classificação			
Partes	Função	Materiais	Processos
h. disco ordenador	Responsável por ordenar as tampas.	MDF 3mm	Corte a laser
i. base / disco fixo	Funciona como base e para a zona de ordenação, suporte para o sensor e para afiação do sistema.	PP	Injeção * tecnologia utilizada para a fabricação dos coletores
j. invólucro	Garante a estrutura cilíndrica do elemento e propicia a permanência das tampas.	Chapa de acetato	Moldável à forma
Componentes			
6. Afastador	Permite espaçamento correto entre o disco ordenador e a base fixa.	MDF 6mm	Corte a laser
7. Misturador	Responsável por movimentar as tampas contidas sob o disco ordenador	PLA	Impressão 3D
8. Sensor RGB	Realiza a classificação das cores.	Componente disponível no mercado	Componente disponível no mercado
9. Motor de passo	Mantém o giro controlado do disco ordenador.	Componente disponível no mercado	Componente disponível no mercado

Fonte: elaborado pela autora.

Zona de saída: partes e componentes e suas especificações.



Zona de saída			
Partes	Função	Materiais	Processos
k. Dispositivo de saída (porção vertical)	Caminho da tampa até o contenedor	PVC	Realização de corte para encaixe junto ao orifício de saída
l. Dispositivo de saída (porção 45°)	Garante o giro angular	PVC	Componente disponível no mercado
m. Dispositivo de saída (porção em corte)	Ajusta a chega da tampa ao contendor	PVC	Realização de corte para adequação à base de apoio
Componentes			
10. Conector dispositivo de saída	Mantém à posição	PVC	Componente disponível no mercado
11. Componente de apoio do dispositivo de saída	Fixa parte do elemento	MDF 3mm	Corte a laser
12. Servo Motor	Permite o giro (180°) do dispositivo de saída	Componente disponível no mercado	Componente disponível no mercado

(continua)

(continuação)

13. Braçadeira metálica	Fixação do dispositivo de saída junto ao seu componente de apoio (11)	Metal flexível	Componente disponível no mercado
14. Acoplador do motor	Acopla o motor ao componente de apoio do dispositivo de saída (11)	PLA	Impressão 3D
15. Fixação motor	Prende o motor à base	PLA	Impressão 3D

Fonte: elaborado pela autora.

APÊNDICE P. ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DO SISTEMA INTERNO

Placa Arduino UNO	
Modelo	Arduino UNO R3
Microcontrolador	ATmega328p
Tensão de funcionamento	5 V
Tensão de entrada (recomendada)	7 - 9V
Limite de tensão	6 a 20 Volts
Saídas digitais I/O Pin	14 (dos quais 6 oferecem saída PWM)
Saídas analógicas	3.3V Pin: 6
Corrente DC por saída digital I/O Pin	40mA
Corrente DC por saída analógica Pin	50mA
Flash memory	32Kb (ATmega328p) dos quais 0,5KB são utilizados pelo carregador de inicialização
SRAM	2 Kb (ATmega328p)
EEPROM	1 Kb (ATmega328p)
Clock Speed	16 MHz
Dimensões (CxLxA)	68 x 53 x 10mm
Peso	55 g (com cabo)
Ref.: https://www.usinainfo.com.br/compativeis/arduino-uno-r3-cabo-usb-3513.html?utm_source=site&utm_medium=coluna_esquerda_mais_vendidos&utm_content=27012015_id_produto&utm_campaign=coluna_esquerda_mais_vendidos	

SENSOR DE COR TCS230	
Fonte de alimentação	2,7 a 5,5 V
Nível de erro	0,2% a 50 kHz
Dimensões	31 x 25 x 10 mm
Peso	3g
Referência: https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-cor-arduino/sensor-de-cor-para-arduino-tcs230-2810.html?search_query=sensor+de+cor&results=212	

Motor de passo	
Código	WS17-0035-04-4
Torque	3,5 kgf.cm
Ângulo do passo	1.8°
Número de fases	2
Classe de Isolação	B
Resistência de Isolação	100MΩ
Corrente por Fase	0,4 A
Tensão por fase	8 V
Resistência por Fase	20Ω ±10%
Indutância por Fase	35mH ±20%
Referência: http://www.baudaeletronica.com.br/motor-de-passo-nema-17-3-5-kgf-cm-0-4a-wotiom.html	

***Datasheet**

<https://www.baudaeletronica.com.br/Documentos/datasheet-motor-WS17-0035-04-4.pdf>

Módulo motor de passo easy driver	
Controlador	CI A3967
Compatibilidade	motores de 4,6 e 8 vias
Corrente	ajustável entre 150 a 750 mA por via
Tensão de alimentação	entre 7 a 30 V (maior tensão, menor torque)
Referência: http://www.baudaeletronica.com.br/modulo-motor-de-passo-easydriver-v44-a3967.html	

*maiores informações em: <http://www.schmalzhaus.com/EasyDriver/index.html>

ANEXO 1 - DIFERENÇAS ENTRE MODELOS DE PLACAS ARDUINO

Placa	Microcontrolador	Chip de Interface USB	Memória Flash	Memória RAM	Memória EEPROM
Arduino UNO DIP	ATMEGA328P-PU	ATMEGA16U2	32kb	2kb	1kb
Arduino UNO SMD	ATMEGA328P-AU	CH340	32kb	2kb	1kb
Arduino NANO	ATMEGA328P-AU	CH340	32kb	2kb	1kb
NANO RobotDyn - ATMEGA328	ATMEGA328P-AU	CH340	32kb	2kb	1kb
NANO RobotDyn - ATMEGA168	ATMEGA168P-AU	CH340	32kb	1kb	0.5kb
Arduino Pro Mini	ATMEGA328P-AU	Não tem	32kb	2kb	1kb
Arduino Lilypad	ATMEGA328P-AU	Não tem	32kb	2kb	1kb
Arduino Pro Micro	ATMEGA32U4	O próprio microcontrolador	32kb	2.5kb	1kb
Arduino MEGA	ATMEGA2560	ATMEGA16U2 ou CH340	256k	8kb	4kb

Fonte: Retirado de Nascimento (2017).

Placa	Entradas e saídas digitais	Saídas PWM	Portas Analógicas
Arduino UNO DIP	14	6	6
Arduino UNO SMD	14	6	6
Arduino NANO	14	6	8
NANO RobotDyn - ATMEGA328	14	6	8
NANO RobotDyn - ATMEGA168	14	6	8
Arduino Pro Mini	14	6	6
Arduino Lilypad	14	6	6
Arduino Pro Micro	12	5	9
Arduino MEGA	54	15	16

Fonte: Retirado de Nascimento (2017).