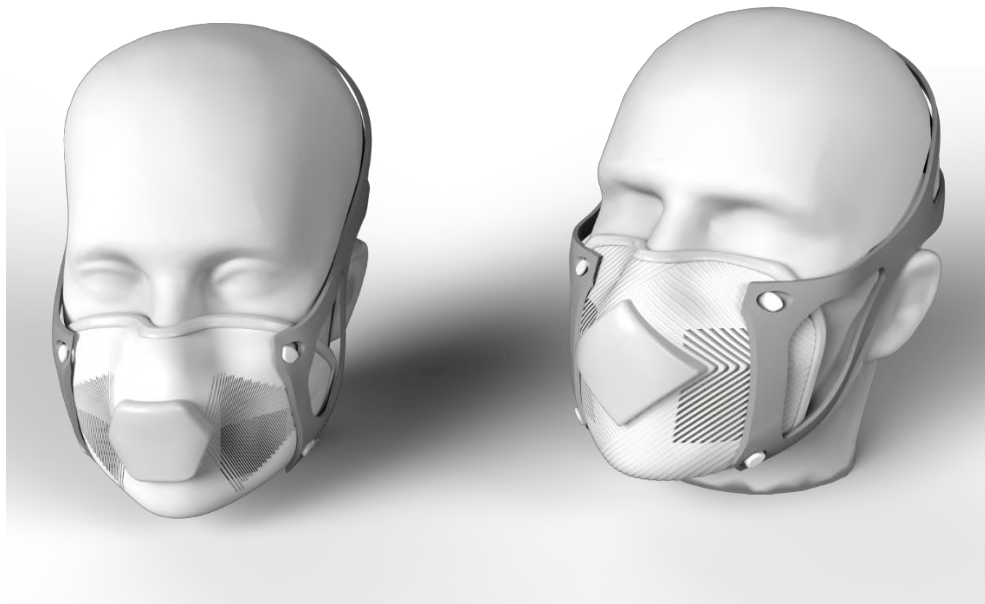


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Curso de Desenho Industrial
Projeto de Produto

Respirador 3D customizável para ciclistas



Diogo Novaes Videira Poeira

Rio de Janeiro
2018

Diogo Novaes Videira Poeira

Respirador 3D customizável para ciclistas

Projeto submetido ao corpo docente do Departamento de Desenho Industrial da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial/ Habilitação em Projeto de Produto.

Aprovado por:

Prof. Gerson Lessa
Orientador | BAI/UFRJ

Prof. Jeanine Geammal
Orientador | BAI/UFRJ

Prof. Anael Alves
Orientador | BAI/UFRJ

Rio de Janeiro
2018

CIP - Catalogação na Publicação

P743r Poeira, Diogo
Respirador 3D customizável para Ciclistas /
Diogo Poeira. -- Rio de Janeiro, 2018.
118 f.

Orientador: Gerson Lessa.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Belas Artes, Bacharel em Desenho Industrial, 2018.

1. design. 2. customização. 3. impressão 3D. 4.
respirador. 5. poluição do ar. I. Lessa, Gerson,
orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Resumo do Projeto submetido ao Departamento de Desenho Industrial da EBA/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Desenho Industrial.

Respirador 3D customizável para ciclistas

Diogo Novaes Videira Poeira

2018

Orientador: Prof. Gerson Lessa

Departamento de Desenho Industrial / Projeto de Produto

O tema do projeto é uma tentativa de amenizar os impactos à saúde causados pela poluição do ar, problema que se mostra grave e com tendência a se manter. Na pesquisa sobre o problema foi selecionado para atuar especificamente na poluição do ar em ambiente externo, por falta de opções satisfatórias. O aprofundamento da pesquisa mostrou que ciclistas poderiam ser um público especialmente afetado pela combinação de atividade física e proximidade com fontes poluentes.

Escolhendo como solução um conceito de respirador, foi identificado que a tentativa de ter um dimensionamento para todos não seria a solução ideal, sendo assim proposto customizar os respiradores para a ergonomia e personalidade do usuário, utilizando tecnologias de escaneamento e impressão 3D.

Palavras chave: poluição do ar, respirador, design, customização, impressão 3D, escaneamento 3D

Rio de Janeiro

2018

Abstract of the Project submitted to the Industrial Design Department of EBA/UFRJ as a part of the requirements needed for the achievement of the Bachelor degree in Industrial Design.

3D customizable respirator for cyclists

Diogo Novaes Videira Poeira

2018

Advisor: Prof. Gerson Lessa

Department: Industrial Design

The project theme is an attempt to minimize health consequences caused by air pollution, a great problem with tendencies to maintain itself constant. In air pollution research it was opted to act on the external ambient air pollution, because of the lack of satisfactory options. Further research showed cyclists as potential affected group due to the combination of physical activity and proximity of pollution sources.

Selecting the respirator concept as the solution, it was observed that the attempt to have an one-size-fits-all approach maybe it's not the ideal solution, so it was proposed to customize the respirators with 3D printing and scanning to the individual ergonomics and personality of each user.

Key words: air pollution, respirator, design, customization, 3D printing, 3D scanning

Rio de Janeiro

2018

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mortes atribuídas à poluição doméstica e do ambiente. Fonte: elaboração própria, com informações de World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, 2017. _____	18
Figura 2 – Médias de mortes atribuídas a diversas causas. Fonte: elaboração própria, com informações de World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, 2017. _____	19
Figura 3 - Concentração média anual de PM2.5. Fonte: elaboração própria, com informações de World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, 2017. _____	23
Figura 4 - Concentração de material particulado. Fonte: elaboração própria, com informações da Base de dados da Organização Mundial da Saúde _____	24
Figura 5 - Purificadores de uso coletivo _____	28
Figura 6 - Purificadores de uso individual _____	30
Figura 7 - Respirador descartável 3M 8812. Fonte: acervo do autor _____	35
Figura 8 - Respirador descartável Moldex 4200. Fonte: acervo do autor _____	36
Figura 9 - Respirador descartável Air Safety Maskface. Fonte: acervo do autor _____	37
Figura 10 - Respirador semi-facial reutilizável 3M 6200. Fonte: acervo do autor _____	40
Figura 11 - Respirador de meia máscara reuzável Moldex 7801B. Fonte: acervo do autor _____	41
Figura 12 - Respirador semifacial Air Safety Air San. Fonte: acervo do autor _____	42
Figura 13 – Avaliadores utilizando respiradores. Fonte: acervo do autor _____	44
Figura 14 - Esboços e silhouetas iniciais. Fonte: elaboração própria _____	48
Figura 15 - Incorporação de elementos de vestuário. Fonte: elaboração própria _____	49

Figura 16 - Opções de incorporação do filtro em elementos externos à máscara. Fonte: elaboração própria _____	50
Figura 17 - Opções de incorporação e posicionamento dos filtros. Fonte: elaboração própria _____	51
Figura 18 - Alternativas com filtro externo. Fonte: elaboração própria _____	51
Figura 19 – Opções compostas apenas pela moldagem do material de filtro. Fonte: elaboração própria _____	52
Figura 20 - Alternativa com armação. Fonte: elaboração própria _____	53
Figura 21 - Mock-up de armação. Fonte: acervo do autor _____	53
Figura 22 - Alternativas com filtros apenas em determinadas áreas. Fonte: elaboração própria _____	54
Figura 23 - Opções de acolchoamento das bordas. Fonte: elaboração própria	55
Figura 24 - Alternativa sem tiras de fixação. Fonte: elaboração própria _____	56
Figura 25 - Mock-up sem tiras de fixação. Fonte: acervo do autor _____	56
Figura 26 - Testes de arranjos convencionais das tiras. Fonte: acervo do autor	56
Figura 27 - Testes de arranjos convencionais das tiras. Fonte: acervo do autor	57
Figura 28 - Refinamento do arranjo das tiras. Fonte: elaboração própria _____	58
Figura 29 - Alternativas com dobras. Fonte: elaboração própria _____	59
Figura 30 - Alternativas com sobra de materiais. Fonte: elaboração própria _____	60
Figura 31 - Alternativas com partes rígidas e partes elásticas. Fonte: elaboração própria _____	61
Figura 32 - Mock-up com partes rígidas e partes elásticas. Fonte: acervo do autor _____	61
Figura 33 - Alternativas com ranhuras em superfícies rígidas. Fonte: elaboração própria _____	62
Figura 34 - Mock-ups com telas metálicas. Fonte: acervo do autor _____	62

Figura 35 - Desenvolvimento de alternativas com o uso de tramas metálicas. Fonte: elaboração própria _____	63
Figura 36 - Customização em massa pela Nike. Fonte: https://www.nike.com/us/en_us/c/nikeid _____	65
Figura 37 - Funcionamento de Impressão 3D por FDM. Fonte: https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing _____	68
Figura 38 - Funcionamento de Impressão 3D por SLA. Fonte: https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sla-3d-printing _____	69
Figura 39 - Funcionamento de impressão 3D por SLS. Fonte: https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sls-3d-printing _____	69
Figura 40 - Funcionamento de Impressão 3D por Material Jetting. Fonte: https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing _____	70
Figura 41 - Entressola impressa em 3D pela Adidas. Fonte: https://www.carbon3d.com/stories/adidas/ _____	71
Figura 42 - Fones intra auriculares desenvolvidos pela Formlabs e 3Shape. Fonte: https://formlabs.com/industries/audiology/ _____	72
Figura 43 - Processos de fotogrametria. Fonte: acervo do autor _____	73
Figura 44 - Resultado do primeiro escaneamento 3D. Fonte: acervo do autor	74
Figura 45 - Resultado do segundo escaneamento 3D. Fonte: acervo do autor	75
Figura 46 - Resultado do segundo escaneamento 3D. Fonte: acervo do autor	75
Figura 47 - Refinamento geral do contorno. Fonte: elaboração própria _____	76
Figura 48 - Refinamento das alças. Fonte: elaboração própria _____	77
Figura 49 - Opção de aberturas para a máscara flexível. Fonte: elaboração própria _____	78
Figura 50 - Opção de borda em forma de gancho. Fonte: elaboração própria	78
Figura 51 - Opção de borda em forma de gancho. Fonte: elaboração própria	78
Figura 52 - Estudo dos perfis da borda. Fonte: elaboração própria _____	79

Figura 53 - Refinamento da fixação do filtro. Fonte: elaboração própria _____	80
Figura 54 - Fixação dos filtros. Fonte: elaboração própria _____	81
Figura 55 - Refinamento das bordas e travas. Fonte: elaboração própria _____	82
Figura 56 - Refinamento da tampa da válvula. Fonte: elaboração própria _____	82
Figura 57 - Refinamento do respirador. Fonte: elaboração própria _____	83
Figura 58 - Opções de personalização. Fonte: elaboração própria _____	84
Figura 59 - Respirador. Fonte: elaboração própria _____	85
Figura 60 - Respirador. Fonte: elaboração própria _____	86
Figura 61 - Respiradores adaptados para diferentes rostos. Fonte: elaboração própria _____	86
Figura 62 - Componentes do respirador. Fonte: elaboração própria _____	87
Figura 63 - Exterior do corpo do respirador. Fonte: elaboração própria _____	88
Figura 64 - Elementos internos do respirador. Fonte: elaboração própria _____	88
Figura 65 - Detalhes do encaixe da borda flexível. Fonte: elaboração própria _____	89
Figura 66 - Detalhes da válvula e tampa da válvula. Fonte: elaboração própria _____	90
Figura 67 - Interior da tampa da válvula. Fonte: elaboração própria _____	90
Figura 68 - Encaixes da válvula e da tampa da válvula. Fonte: elaboração própria _____	91
Figura 69 - Válvula e tampa encaixadas ao corpo. Fonte: elaboração própria _____	91
Figura 70 - Lateral das tiras fde fixação. Fonte: elaboração própria _____	92
Figura 71 - Parte traseira das tiras fde fixação. Fonte: elaboração própria _____	92
Figura 72 - Opção de remoção do respirador utilizando a flexibilidade das tiras. Fonte: elaboração própria _____	93
Figura 73 - Opção de remoção do respirador com uma só mão. Fonte: elaboração própria _____	94

Figura 74 - Detalhes dos ganchos para fixação da tira. Fonte: elaboração própria	95
Figura 75 - Incorporação do cordão de segurança. Fonte: elaboração própria	95
Figura 76 - Fixação e troca dos filtros. Fonte: elaboração própria	96
Figura 77 - Posicionamento do filtro. Fonte: elaboração própria	97
Figura 78 - Opções de customização do respirador.	101
Figura 79 - Opções de customização do respirador.	102
Figura 80 - Opções de customização do respirador.	104

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Propriedades do filtro transparente. Fonte: elaboração própria com informações de Soy protein isolate/bacterial cellulose composite membranes for high efficiency particulate air filtration. 2016 _____ 26
- Tabela 2** - Avaliação de similares. Fonte: elaboração própria _____ 38
- Tabela 3** - Avaliação de similares durante o uso _____ 43
- Tabela 4** - Comparação entre fotogrametria e escaneamento por infra-vermelho. Fonte: elaboração própria com informações retiradas de <https://3dscanexpert.com/beginners-guide-3d-scanning-photogrammetry/> ____ 67
- Tabela 5** - Comparação entre tecnologias de impressão aplicadas ao projeto. Fonte: elaboração própria, com informações retiradas de The 3D Printing Handbook _____ 99
- Tabela 6** - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria _____ Anexo 1
- Tabela 7** - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria _____ Anexo 1
- Tabela 8** - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria _____ Anexo 1
- Tabela 9** - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria _____ Anexo 1
- Tabela 10** - Produtos de purificação do ar de uso individual. Fonte: elaboração própria _____ Anexo 1

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1. ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO	15
1.1. Contextualização	15
1.2. Justificativa	15
1.3. Objetivo geral	16
1.4. Objetivos específicos	16
1.5. Metodologia	16
2. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	18
2.1. Poluição	18
2.1.1. Poluição de áreas internas	19
2.1.2. Poluição de áreas externas	20
2.2. Poluentes	21
2.2.1. Material particulado	21
2.2.2. Outros poluentes	22
2.3. Situação atual	23
2.4. Tecnologias de purificação	25
2.4.1. Purificação passiva	25
2.4.2. Purificação ativa	27
2.5. Definição da área de atuação	32
2.6. Definição do público alvo	33
2.7. Análise de similares e testes de usabilidade	34
2.8. Requisitos e restrições do projeto	47
2.8.1. Requisitos	47
2.8.2. Restrições	47
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	48

3.1. Geração de alternativas	48
3.2. Análise das alternativas e redirecionamento do projeto	64
3.3. Escaneamento e Impressão 3D	66
3.4. Definição da proposta	70
3.5. Refinamento	73
3.5.1. Escaneamentos 3D	73
3.5.2. Refinamento geral da forma	76
4. DETALHAMENTO TÉCNICO	85
4.1. Apresentação geral do produto	85
4.2. Usabilidade do produto	93
4.2.1. Colocação e retirada do respirador	93
4.2.2. Fixação e troca dos filtros	96
4.3. Materiais e tecnologias de produção	97
4.3.1. Tecnologia de filtragem	98
4.3.2. Tiras de fixação	98
4.3.3. Tecnologias de impressão 3D	98
4.4. Personalização do produto	101
CONCLUSÃO	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um problema que por vezes passa despercebido pelo cidadão, mas que tem uma crescente preocupação das organizações de saúde internacionais. Estatísticas preocupantes surgem para demonstrar a mortalidade gerada por esse problema e a grande parcela da população a que é afetada diariamente por ele.

A poluição pode estar presente na rua, em casa, no trabalho, na cidade, na praia, no campo, etc., afetando diversos indivíduos que muitas vezes não percebem o problema. As fontes causadoras da poluição também podem ser as mais diversas, variando desde as grandes indústrias a veículos, e abrangendo até os equipamentos de cozinha e pequenos produtos diversos.

Esse aspecto é o principal dificultador da questão. Um indivíduo preocupado com o problema pode até remover produtos poluentes de sua casa, melhorar a infra-estrutura de aquecimento e da cozinha e se locomover por meios de transporte não emissores. No entanto, esse indivíduo ainda será impactado pela poluição, já que as maiores fontes emissoras – como o tráfego ou as grandes indústrias – não estão sob seu controle. Sendo assim, esse é um problema que precisa de atitudes coletivas e implementações governamentais para ser minimizado.

Porém, até que essas implementações sejam postas em prática e realmente reduzam a quantidade de poluentes, a grande maioria da população mundial continua exposta ao problema e, conscientes disso ou não, continuam sofrendo as consequências. Por esse motivo, são necessárias soluções de curto prazo que possam minimizar os efeitos da poluição porque, como mencionado por Jenny Bates ao *The Guardian*, “As pessoas não têm escolha quanto ao ar que respiram”.¹

Este projeto tenta minimizar os efeitos da poluição para um público muito afetado, através do desenvolvimento de um respirador customizável para ciclistas.

¹ <https://www.theguardian.com/environment/2015/jul/15/nearly-9500-people-die-each-year-in-london-because-of-air-pollution-study>

1. ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO

1.1. Contextualização

Com o desenvolvimento das grandes cidades e indústrias nas últimas décadas, a preocupação com a concentração de poluentes nos centros urbanos ganhou ainda mais visibilidade e importância. Apesar dos esforços internacionais para reduzir as emissões de poluentes, a grande maioria da população ainda vive em locais com níveis de poluição considerados impróprios pela OMS².

Essa situação gera diversos problemas para a saúde humana, sendo responsável pelo aumento significativo de diversas doenças e pela morte de milhares de pessoas todos os anos. Essa situação tem se agravado ao longo dos anos e, até que o problema seja solucionado ou minimizado, diversas pessoas continuam sofrendo suas consequências diariamente.

1.2. Justificativa

De acordo com a OMS, 92% da população mundial vive em locais com concentração de poluentes acima do estabelecido como seguro, o que traz diversos prejuízos à saúde. Dentre as diversas fontes emissoras de poluentes nas grandes cidades, o tráfego de veículos se destaca como uma das maiores e mais prejudiciais, trazendo consequências para motoristas e pedestres que estão frequentemente expostos à poluição. Esse problema se agrava ainda mais no caso de ciclistas ou pessoas que estejam praticando exercícios já que, durante a atividade física, ocorre um aumento do volume de ar e poluentes inalados.

No entanto, esses indivíduos que são significativamente impactados pela situação não têm poder de solução ou controle sobre as maiores fontes de emissão, como o tráfego e

² OMS é a sigla para Organização Mundial da Saúde - Agência da ONU (Organização das Nações Unidas), responsável por desenvolver os níveis de saúde de todos os países e povos.

as grandes indústrias. Dessa forma, ainda que optem por não utilizar meios de transporte emissores, essas pessoas continuarão sofrendo os efeitos da poluição até que o problema seja resolvido.

Essa situação justifica a necessidade de produtos que minimizem os danos aos usuários afetados e preocupados com a poluição, até que o problema seja minimizado ou solucionado.

1.3. Objetivo geral

Desenvolver um respirador que atenda às necessidades funcionais, visuais, de segurança e conforto de ciclistas urbanos, reduzindo prejuízos à saúde provenientes da poluição.

1.4. Objetivos específicos

- Ter fácil usabilidade
- Minimizar poluição secundária
- Ser compatível com o uso de óculos e capacete
- Ser confortável
- Permitir incorporação do estilo pessoal do usuário no visual do respirador

1.5. Metodologia

A metodologia utilizada nesse projeto se baseou na metodologia proposta por Baxter,³ mas com algumas variações e adaptações, para que ela se encaixasse melhor nas especificidades do projeto.

³ BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. São Paulo: Editora Blücher, 2008.

A primeira etapa do projeto consistiu na seleção de um problema e pesquisa aprofundada sobre o mesmo, seguindo para uma pesquisa da situação atual e soluções disponíveis. Após essa etapa foram desenvolvidas alternativas de soluções que se basearam nas informações coletadas. Durante essa etapa, ainda foram feitas consultas e pesquisas quando surgiam questões que não haviam sido previstas na pesquisa inicial. Essa etapa foi finalizada com a seleção e refinamento de uma alternativa. A última etapa consistiu no detalhamento e adequação técnica da proposta, definindo as informações necessárias para a produção do produto.

Após a seleção do problema da poluição do ar, a etapa do levantamento de dados incluiu a pesquisa de informações como estatísticas e dimensão do problema, consequências para a saúde da população afetada, situação global atual e as previsões para os próximos anos, segundo a OMS. Além disso, foram pesquisadas as tecnologias atuais que combatem esse problema e os produtos que aplicam essas tecnologias.

As informações levantadas na primeira etapa foram utilizadas para decidir a área de atuação e o público alvo do projeto. A partir dessa definição, foram realizados testes de usabilidade com os produtos existentes, que levaram à identificação de seus maiores problemas e à elaboração dos requisitos e restrições do projeto.

A segunda etapa foi a etapa de conceituação, na qual foram desenvolvidas e testadas diversas alternativas para o projeto. Essas alternativas foram sendo refinadas e os testes permitiram um melhor entendimento dos problemas, levando a um novo direcionamento para o projeto.

O projeto foi redirecionado para uma vertente de adequação e customização ao usuário, com isso foi retomada a pesquisa para ferramentas que permitiriam isso, como escaneamento 3D e impressão 3D. Sendo assim, os processos de conceituação e refinamento do produto prosseguiram, considerando os novos parâmetros estabelecidos.

Após a definição do produto, a última etapa consistiu no detalhamento técnico do mesmo. Nessa etapa, foram especificados os detalhes e tecnologias necessárias para viabilizar a produção do produto.

2. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

2.1. Poluição

Por definição, a poluição do ar é a “contaminação por agentes químicos, físicos ou biológicos que modifiquem as características naturais da atmosfera”. Essa contaminação é um grave problema ambiental e para a saúde, gerando aumento impactante em derrames, doenças cardíacas, câncer de pulmão, doenças respiratórias crônicas e agudas.⁴

Estudos de Harvard de 1995 afirmavam que partículas microscópicas suspensas no ar causavam a morte de 100 mil pessoas por ano⁵. Nos gráficos das Figuras 1 e 2, observa-se a mortalidade causada por poluição em 2012, e um gráfico comparativo com outras causas de mortes, de acordo com estatísticas da OMS. Em 2014, 92% da população mundial vivia em locais onde a qualidade do ar estava abaixo dos parâmetros estabelecidos pela OMS. Mesmo no caso da União Europeia, onde muitas cidades estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pela OMS, estima-se uma redução de 8.6 meses na expectativa de vida devido à exposição de material particulado, de fonte artificial².

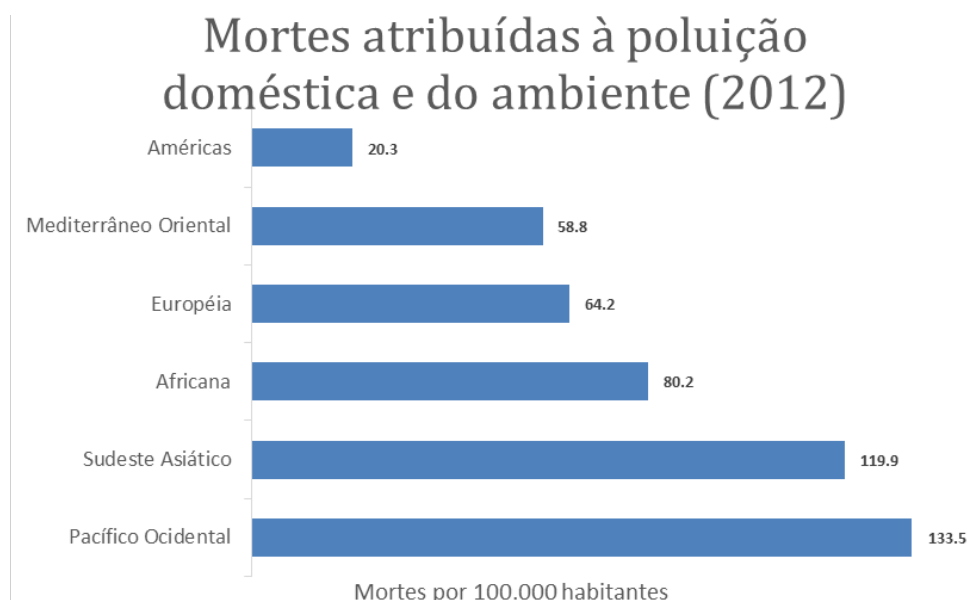


Figura 1 - Mortes atribuídas à poluição doméstica e do ambiente. Fonte: elaboração própria, com informações de World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, 2017.

⁴ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

⁵ MCDONOUGH, William e BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle, remaking the way we make things**. Nova York: North Point Press, 2002.

Médias de morte atribuídas a diversas causas

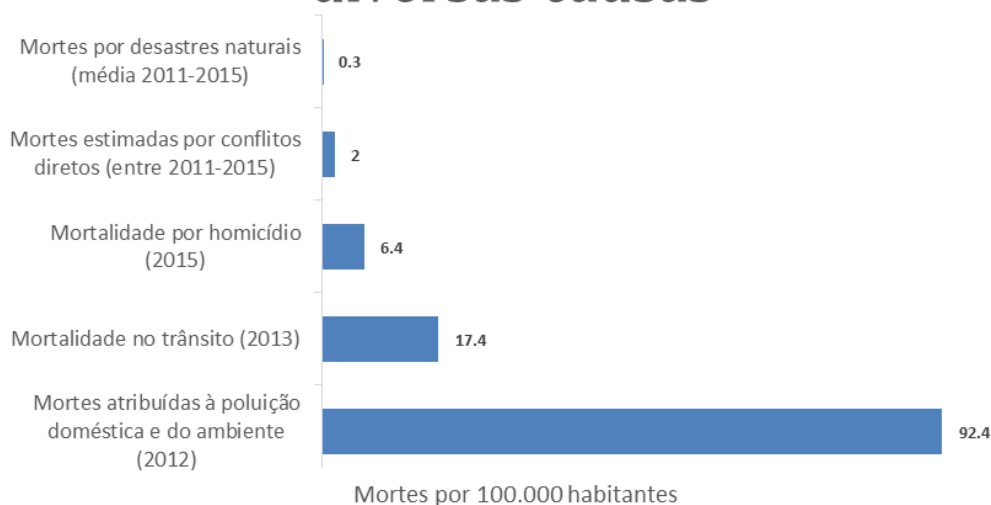


Figura 2 – Médias de mortes atribuídas a diversas causas. Fonte: elaboração própria, com informações de World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, 2017.

Em função da gravidade do problema, há diversas iniciativas de diferentes países e organizações internacionais que tentam conter a situação. Se forem atingidos os objetivos de concentração de poluentes, pode-se esperar reduções muito significativas em problemas de saúde agudos e crônicos resultantes de poluição do ar.⁶

2.1.1. Poluição de áreas internas

De maneira geral, o uso e desgaste da maioria dos produtos libera compostos químicos no ar (fenômeno conhecido como off gassing). Se o produto é feito com materiais prejudiciais ele libera compostos prejudiciais no ar, podendo contaminá-lo. Em ambientes internos, a liberação desses compostos no ar se torna mais preocupante em função do seu isolamento e da falta de circulação de ar. Assim, o uso de produtos com materiais de baixa qualidade resulta em ambientes internos com considerável quantidade de poluentes, podendo chegar a atingir níveis de contaminação mais altos do que os de ambientes externos.⁷

⁶ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

⁷ MCDONOUGH, William e BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle, remaking the way we make things**. Nova York: North Point Press, 2002.

Um estudo desenvolvido pela OMS, demonstrou que mais da metade das casas avaliadas apresentou concentrações de 7 químicos tóxicos suspeitos de causar câncer em humanos e confirmados em animais.⁸

Além dos efeitos do off-gassing, a utilização de combustíveis de biomassa e carvão para cozinhar ou para aquecimento (usado por 3 bilhões de pessoas) agrava a situação de poluição em ambientes internos. Foram contabilizadas 4,3 milhões de mortes prematuras em 2012 provenientes de poluição do ar em residências, sendo a maior parte delas em países de renda baixa⁹. Essa situação se agrava atualmente, devido ao tempo que as pessoas passam em ambientes fechados. Em uma pesquisa da EPA¹⁰, entrevistados declararam passar 87% do seu tempo em ambientes internos.¹¹

2.1.2. Poluição de áreas externas

Estima-se que a poluição de áreas externas tenha sido responsável por 3 milhões de mortes prematuras no mundo em 2012, sendo 88% delas em países de baixa ou média renda⁷. Em 2013 a agência internacional de pesquisa em câncer da OMS (IARC) estabeleceu que a poluição externa é cancerígena em humanos, tendo o material particulado como principal associado no aumento de incidência de câncer⁷.

Em grandes cidades, o transporte urbano pode representar entre 12 e 70% da poluição do local, tendo uma média de 30% para cidades europeias. No caso de países de renda baixa e média o transporte urbano tem uma contribuição alta devido à ineficiência dos motores e à precariedade da rede pública de transporte⁶. Os poluentes de maior preocupação para saúde pública são material particulado, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre.¹²

⁸ <http://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/air-pollution/en/>

⁹ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

¹⁰ O termo EPA (Environmental Protection Agency) refere-se à Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

¹¹ PECK, R. L. et al. **Efficiency of portable HEPA air purifiers against traffic related combustion particles**. 2015

¹² http://www.who.int/topics/air_pollution/en/

2.2. Poluentes

2.2.1. Material particulado

O material particulado trata-se da suspensão estável de partículas líquidas ou sólidas com um diâmetro aerodinâmico que não exceda $100\ \mu\text{m}$ ¹³. Essas partículas passam pelas defesas do organismo contra pó e por vezes trazem misturas contendo metais pesados, enxofre, compostos carbônicos, e cancerígenos, incluindo derivados de benzeno¹⁴. São perigosos porque podem alcançar os alvéolos pulmonares, levando a ataques cardíacos e outros problemas cardiovasculares¹⁵.

O material particulado é o poluente que mais afeta as pessoas e foi associado com 3 milhões de mortes prematuras em 2012. Grandes exposições podem resultar no desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias, além de câncer¹⁶. As fontes são variadas, podendo ser poeira do solo, emissão de veículos, combustão de carvão, aerossóis secundários, emissões industriais, queima de biomassa, entre outros.¹³ Sua composição é determinada pela fonte, mas seus principais componentes são sulfatos, nitratos, amônia, cloreto de sódio, fuligem, poeira mineral e água.¹⁴

O material particulado é classificado de acordo com o diâmetro máximo de suas partículas, em μm . Intitulam-se PM₁₀ as partículas de $10\ \mu\text{m}$ ou menos, enquanto PM_{2.5} são as partículas com no máximo $2,5\ \mu\text{m}$.¹³ De acordo com os parâmetros da OMS, a média anual de PM₁₀ no ar deveria ser de até $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$,¹⁴ mas a média registrada no Brasil foi de $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹¹ Para partículas PM_{2.5}, os parâmetros propostos pela OMS são de $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ e pela EPA são de $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹¹ O Brasil não possui parâmetros para PM_{2.5}, mas possui para partículas suspensas totais (TSP) com tamanhos entre 0.001 e $100\ \mu\text{m}$, que seria uma média anual de $240\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esse parâmetro não é mais usado pela OMS nem pela EPA, que possuía um parâmetro similar ($260\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) nos anos 80.¹¹

¹³ MATEUS, V. L. et al. **Study of the chemical composition of particulate matter from the Rio de Janeiro metropolitan region, Brazil, by inductively coupled plasma-mass spectrometry and optical emission spectrometry**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2013

¹⁴ <http://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/air-pollution/en/>

¹⁵ XIAOBING, L. et al. **Soy protein isolate/bacterial cellulose composite membranes for high efficiency particulate air filtration**. 2016

¹⁶ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

Os parâmetros de qualidade do ar da OMS de 2005 indicam que a redução de 70 para 20 microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) reduziram mortes prematuras em até 15%.¹⁷

2.2.2. Outros poluentes

Na poluição do ar, não apenas a exposição a PM é prejudicial, mas também a outros compostos químicos, como ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, etc. A poluição por O_3 (ozônio) é resultante de reação fotoquímica (luz solar) entre óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis (VOCs) emitidos por veículos, indústrias e solventes. O excesso de ozônio causa problemas respiratórios, asma, redução na função pulmonar e doenças pulmonares. Estudos europeus mostram que, a cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de exposição, a mortalidade diária aumenta em 0.3% e a causada por doenças cardíacas em 0.4%.¹⁵ Os parâmetros estabelecidos para O_3 são uma média de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 8h.¹⁵

A poluição por NO_2 é proveniente de processos de combustão. É uma parte considerável da composição do material particulado e em concentrações maiores do que $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ é tóxico e causa consideráveis inflamações nas vias aéreas. Sintomas de bronquite e asma em crianças podem ser associados a exposição de longo termo ao NO_2 , assim como a redução da função pulmonar em crianças e adultos. O parâmetro estabelecido para NO_2 é uma média anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.¹⁵

A poluição por SO_2 é causada pela queima de combustíveis fósseis, provenientes de métodos de aquecimento, veículos e geração de energia, e da fusão de minérios contendo enxofre. As admissões por doenças cardíacas em hospitais aumentam em dias de altas concentrações de SO_2 , que causa inflamação do trato respiratório e agrava asma e bronquite crônicas.¹⁵ Não se deve exceder o período de 10 minutos em ambientes com concentrações de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo que indivíduos com asma experienciam alterações nas funções pulmonares e sintomas respiratórios durante esse período. O parâmetro estabelecido para SO_2 é a média de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24h.¹⁸

¹⁷ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

¹⁸ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

2.3. Situação atual

Grande parte das fontes de poluição estão fora do controle do indivíduo, necessitando ações políticas em setores como energia, transporte, construção civil e agricultura.¹⁶ No cenário global, percebe-se que a média da concentração de PM_{2.5} (10 µg/m³) está acima do considerado aceitável pela OMS para todas as regiões definidas pela organização. Também pode-se observar nos gráficos das Figuras 3 e 4, a concentração de poluentes em diversas cidades e os altos níveis de concentração que atingem cidades com as mais diversas características, como Rio de Janeiro e Amsterdam. Essas cidades podem parecer estar somente um pouco acima do limite, com 16 µg/m³ ao invés dos 10 µg/m³, mas isso representa um valor 60% acima do limite aceitável.

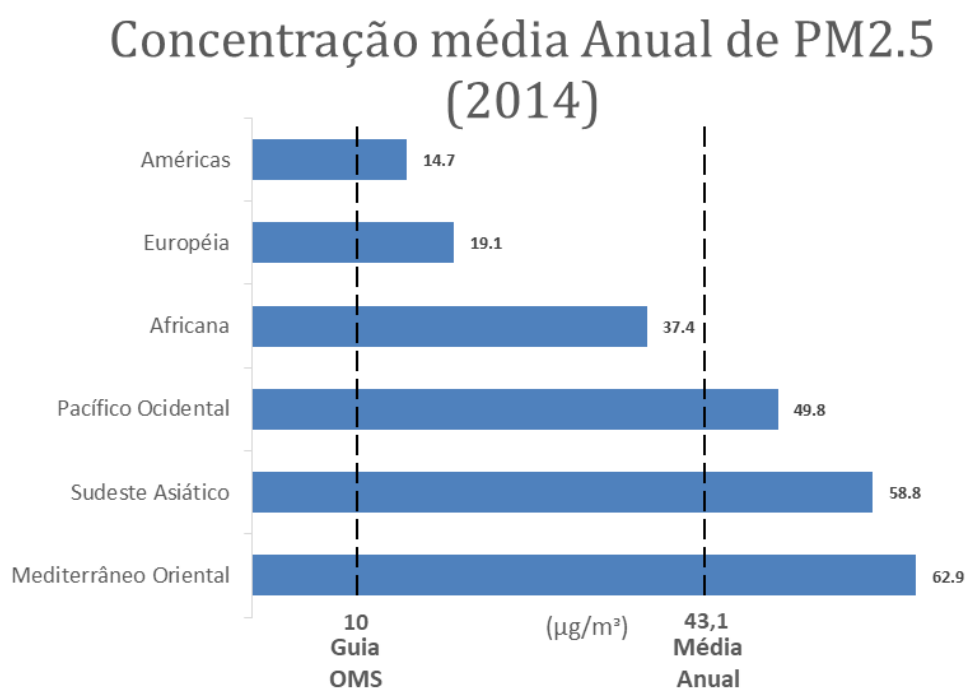


Figura 3 - Concentração média anual de PM_{2.5}. Fonte: elaboração própria, com informações de World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, 2017.

Concentração Material Particulado

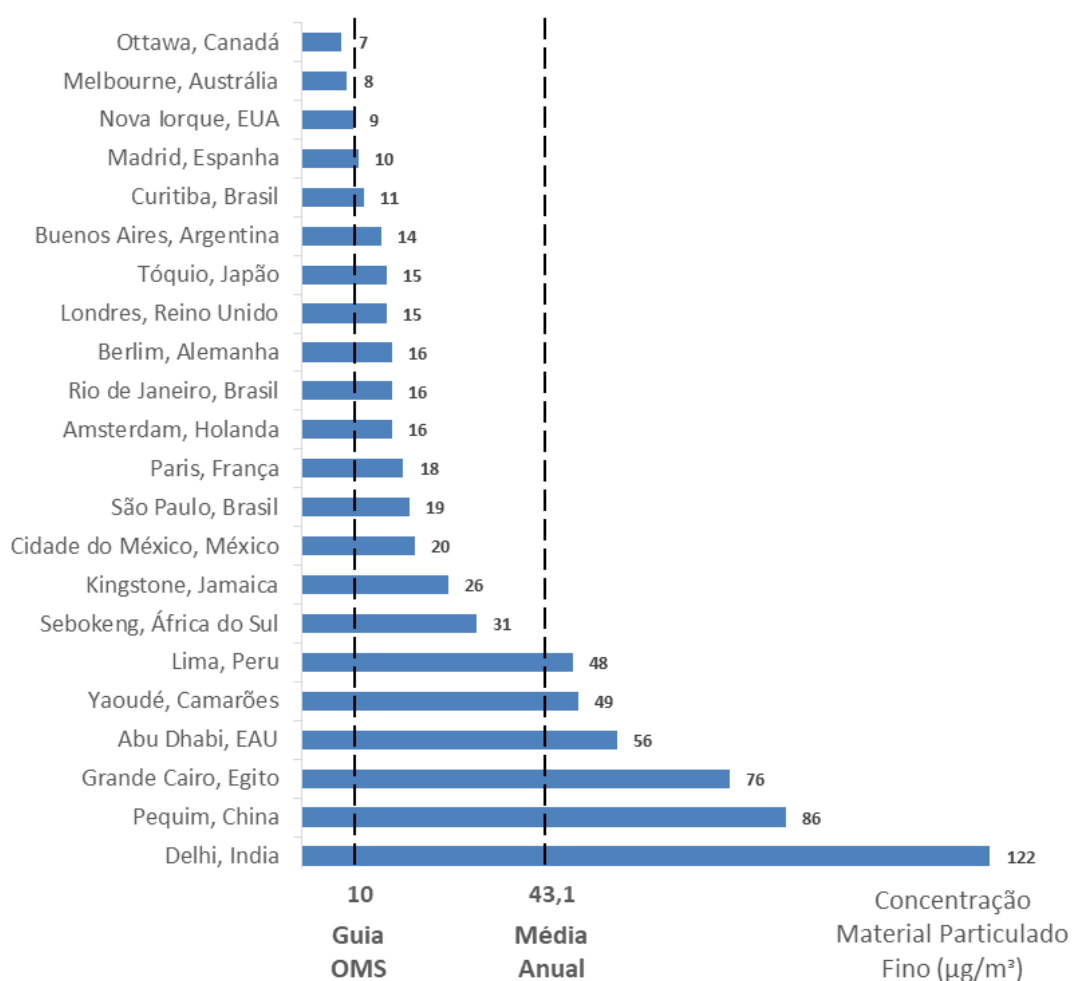


Figura 4 - Concentração de material particulado. Fonte: elaboração própria, com informações da Base de dados da Organização Mundial da Saúde

No caso do Rio de Janeiro, bairros como Seropédica e Santa Cruz excedem os parâmetros da OMS para PM_{2.5} em ambos os locais testados e excedem os parâmetros brasileiros de TSP em Santa Cruz. Isso é justificado pelo fato de que as partículas menores tendem a se deslocar por distâncias maiores do que partículas de maior tamanho, que se acumulam nas proximidades das fontes emissoras.¹⁹

¹⁹ MATEUS, V. L. et al. **Study of the chemical composition of particulate matter from the Rio de Janeiro metropolitan region, Brazil, by inductively coupled plasma-mass spectrometry and optical emission spectrometry.** Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2013

2.4. Tecnologias de purificação

2.4.1. Purificação passiva

Os filtros de ar podem ser divididos em duas categorias: filtros químicos e filtros particulados. Filtros químicos são filtros propícios para a remoção de contaminantes aéreos, (como os VOCs e odores) através de absorção ou catalisação, mas não são efetivos na remoção de material particulado. Já os filtros particulados são filtros fibrosos ou membranas porosas que capturam poluentes sólidos de maneira física.²⁰

As membranas são substratos sólidos com poros, que capturam materiais particulados de tamanhos maiores que seus poros. Possuem alta eficiência de filtração, mas uma baixa passagem de ar.²¹ Já os filtros fibrosos são formados por várias camadas de barreiras físicas e adesão e, por isso acabam tendo porosidade variada. Esse tipo de filtro possui uma relação direta entre espessura e eficiência de filtração, porém quanto mais espesso for o filtro, menor é a passagem de ar.¹⁹ Os filtros particulados que obtêm remoção de pelo menos 99.97% de partículas a partir de 0.3 µm recebem a classificação HEPA (High efficiency particulate air) Filter.¹⁸ Foi comprovado que esses filtros reduzem a concentração de partículas aéreas sem a geração de subprodutos nocivos.²²

Filtros comerciais usam polímeros tradicionais como PE, PP e fibra de vidro. O descarte desses materiais origina uma fonte secundária de poluição.¹⁸ Sendo assim, foi aprofundada a análise de dois tipos de filtros: um filtro descartável biodegradável, que poderia minimizar o problema da poluição secundária, e uma opção de filtro transparente, com intenção de adereçar a questão do bloqueio visual do rosto causado pelas máscaras convencionais.

²⁰ XIAOBING, L. et al. **Soy protein isolate/bacterial cellulose composite membranes for high efficiency particulate air filtration.** 2016

²¹ LIU, C. et al. **Transparent air filter for high efficiency PM2.5 capture.** California: 2015

²² PECK, R. L. et al. **Efficiency of portable HEPA air purifiers against traffic related combustion particles.** 2015

Membrana de composto de proteína de soja e celulose bacteriana

Os filtros convencionais são feitos de compostos derivados de petróleo e o seu descarte pode causar poluição secundária. Além disso a inserção de aditivos para a introdução de características especiais, como Prata (Ag), dióxido de silício (SiO₂) e óxido de zinco (ZnO), aumentam consideravelmente os custos do filtro e podem causar outras preocupações ambientais.²³

A membrana de composto de proteína de soja e celulose bacteriana propõe uma solução para esse problema, se apresentando como uma opção biodegradável, feita com matéria prima abundante e barata. Essa membrana possui eficiência de 99.94% e 99.95% para PM_{2.5} e PM₁₀, respectivamente. Possui densidade de 60g/m² e aproximadamente 92.63% de penetração de ar (similar às máscaras descartáveis convencionais). Os testes feitos com membrana de espessura 0,21mm mostraram captura de partículas entre 0,1 e 10 µm.²¹

Filtro Transparente de PAN

A outra opção analisada foi um filtro transparente, desenvolvido com poliacrilonitrilo (PAN), e revestimentos de cobre e carbono.²⁴ Esse filtro pode ser usado tanto em janelas, como em máscaras pessoais e seus níveis de transparência estão relacionados à sua capacidade de filtragem, conforme demonstrado na Tabela 1.

Transparência	Filtragem
90%	95% de remoção de PM _{2.5}
60%	99% de remoção de PM _{2.5}
30%	99,97% de remoção de PM _{2.5}

Tabela 1 - Propriedades do filtro transparente. Fonte: elaboração própria com informações de Soy protein isolate/bacterial cellulose composite membranes for high efficiency particulate air filtration. 2016

²³ XIAOBING, L. et al. **Soy protein isolate/bacterial cellulose composite membranes for high efficiency particulate air filtration.** 2016

²⁴ LIU, C. et al. **Transparent air filter for high efficiency PM_{2.5} capture.** California: 2015

2.4.2. Purificação ativa

Para o estudo de purificação ativa, foi avaliada a tecnologia do Ionizador que já possui versões em tamanho reduzido. O ionizador tem como princípio de funcionamento a emissão de íons negativos que, por sua vez carregam, eletricamente partículas aéreas fazendo com que se repilam ou precipitem na superfície mais próxima. Atua sobre partículas aéreas, micróbios suspensos, odores e VOCs. ²⁵

Estudos em câmaras de 2m³ mostram ionizadores vestíveis tendo eficiência de 80% após 30 min e 100% após 1.5 horas na remoção de partículas suspensas. Testes feitos com ionizadores comerciais em câmaras de 2.6m³ durante 10-12 min mostram a remoção de 100% de partículas entre 0.3 e 3 µm, enquanto outro estudo em câmara de 24.3m³ durante 30 min demonstra a eficiência de 95% na remoção de partículas de 1 µm. ²³

O equipamento é mais eficiente quando posicionado a 60 cm do solo e passa a ter taxas de remoção menos eficiente conforme esteja mais distante da fonte de ionização. Com isso testes mostram uma melhora no funcionamento dos Ionizadores quando utilizados em conjunto com uma fonte de mistura de ar. Para atingir eficiência de 90% de remoção de partículas de 0.1, 0.2, 0.3 e 0.5, esses testes mostraram uma redução no tempo de, respectivamente: 240 para 80 min, 310 para 90 min, 310 para 90 min, e 240 para 90 min. ²³

Apesar dos efeitos dos íons negativos serem entendidos como positivos por estudos, os ionizadores acabam por produzir subprodutos como ozônio e íons positivos, os quais alguns pesquisadores acreditam ter influência negativa na saúde humana. ²³

Na sequência do levantamento de dados, foram pesquisados produtos de purificação do ar, tanto para áreas internas como externas. Esses produtos foram divididos e organizados em tabelas de produtos para uso coletivo ou na tabela de produtos para usos individuais (Anexo1). As Figuras 5 e 6 ilustram os produtos analisados.

²⁵ SHIUE, Angus; HU, Shih-Cheng; TU, Mao-Lin. **Particles Removal by Negative ionic Air Purifier in Cleanroom**. Taiwan: Aerosol and Air Quality Research, 2011.

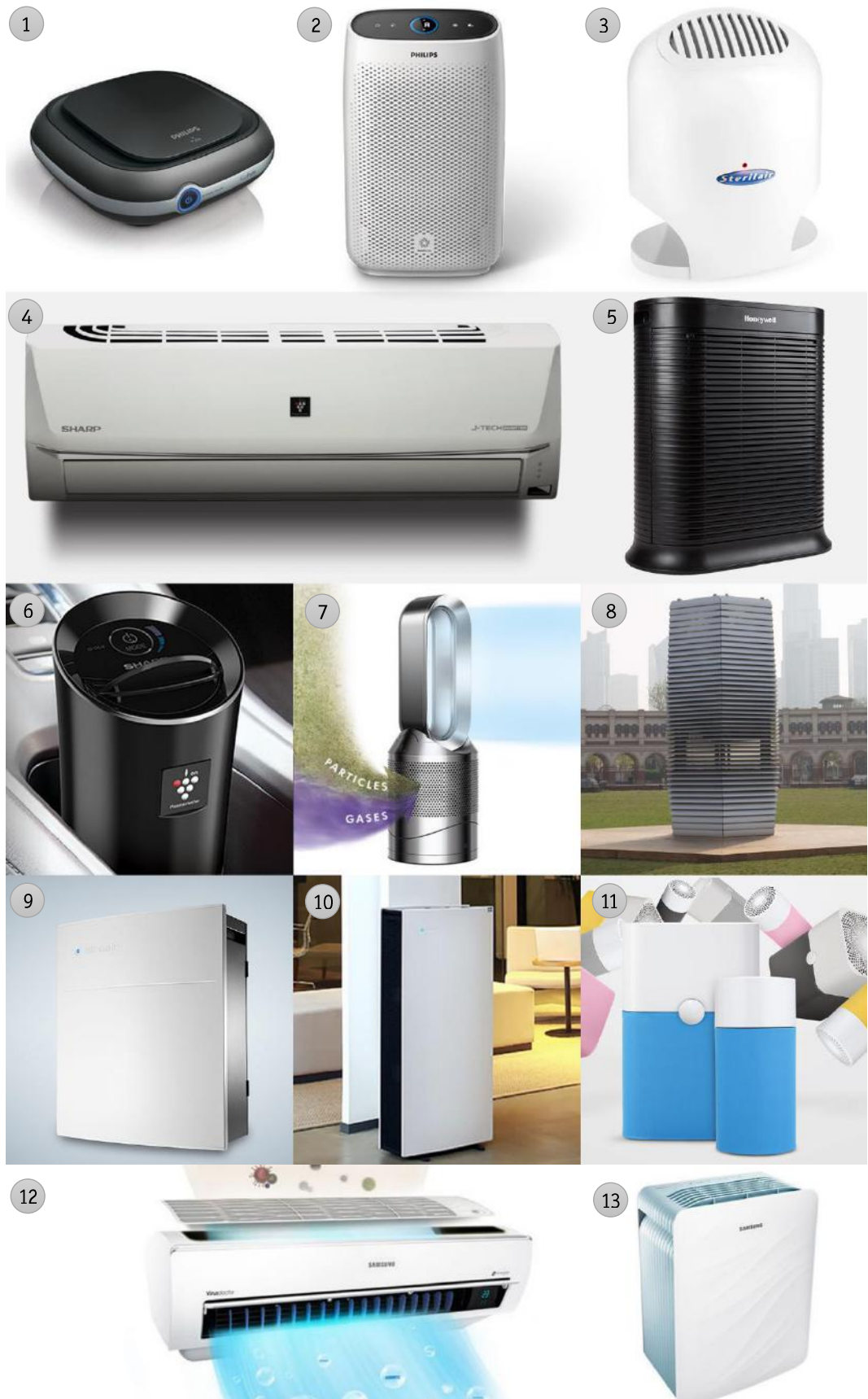


Figura 5 - Purificadores de uso coletivo

Fontes da Figura 5:

1 - Phillips GoPure Compact

<https://www.usa.philips.com/c-p/GPC20GPX1/gopure-compact-automotive-clean-air-system>

2 - Purificador de Ar Phillips 1000

<https://www.usa.philips.com/c-m-ho/air-purifier-and-air-humidifier/air-purifier-1000>

3 - Sterilair

<https://www.sterilair.com.br/>

4 - Ar Condicionado Sharp J-Tech Inverter

<https://www.sharp.com.my/jtechaircond/#features>

5 - Purificador de Ar True HEPA Honeywell hpa300

<https://www.honeywellhome.com/en/products/air-purifier/true-hepa-whole-room-air-puri-hpa300>

6 - Gerador de Íons para carros e mesas Sharp

<https://www.sharp.com.hk/en/products/2-air-purifier>

8 - Smog Free Tower Project

<https://www.studiooosegaarde.net/project/smog-free-tower>

9 - Purificador de Ar Blue Air Classic 203 Slim

<https://www.blueair.com/us/air-purifiers/classic-203-slim>

10 - Purificador de Ar Blue Air Pro XL

<https://wellness-stores.eu/en/air/126-air-air-purifier-blueair-pro-xl.html>

11 - Purificador de Ar Blue Air Blue Pure 411 e 211

<https://wall.seemade.com/products/blueair-joy/>

12 - Ar condicionado Samsung AR5000

<https://www.samsung.com/levant/air-conditioners/wall-mount-arxxhfsfsw/AR18HSFSSWKTV/>

13 - Purificador de Ar Samsung AX40K3020UW

<https://www.lazada.com.my/products/samsung-air-purifier-ax40k3020uw-39-i19247716-s23625890.html>



Figura 6 - Purificadores de uso individual

Fontes da Figura 6:

- 1 - Máscara Reutilizável Vogmask N99CV
<https://www.vogmask.com/pages/why-vogmask>
- 2 - Máscara Reutilizável Vogmask N99CV
<https://www.vogmask.com/pages/why-vogmask>
- 3 - Máscara Reutilizável Vogmask N99CV
<https://www.vogmask.com/>
- 4 - Máscara Infantil Airmotion Woobi Play
<https://www.airmotionlabs.com/woobiplay>
- 5 - Máscara de poluição Colméia I Can Breathe
<https://icanbreathe.com/>
- 6 - Máscara pequena Totobo TT-02
<http://totobobo.com/>
- 7 - Máscara de Ar Urbana O2Today
<https://www.dezeen.com/2017/05/02/marcel-wanders-design-air-pollution-masks-graphic-prints-o2today/>
- 8 - Respirador Semi-facial Reutilizável 3M 6200
<https://www.achooallergy.com/3m-6291-hepa-masks/>
- 9 - Respirador Descartável 3M Aura 9322+
<https://safetytownsquare.3mcanada.ca/articles/why-do-disposable-respirators-have-a-defined-shelf-life>
- 10 - Máscara para Poluição Respro Bandit Scarf
<http://respro.com/store/product/bandit-scarf>
- 11 - Máscara para poluição Respro Cross Coleção Marcelo Burlon X
<http://respro.com/store/product/marcelo-burlon-x-respro-masks>
- 12 - Máscara para poluição Ultralight Green
<http://respro.com/store/product/ultra-light>

As tabelas de uso coletivo mostram majoritariamente os produtos para ambientes internos (dois recém desenvolvidos para ambientes externos). Foi observado que esses produtos podem ter diversos tipos de tecnologias direcionadas purificar o ar dos mais diversos poluentes em uma grande variedade de espaços diferentes e feitos por fabricantes específicos e por marcas de renome no mercado. Existem opções para ambientes pessoais ou profissionais, para cômodos pequenos ou grandes e, ainda mais relevantes, existem equipamentos com múltiplas funções como o Dyson Pure Cool que refrigera e purifica. Alguns fabricantes de ar condicionados, como Samsung e phillips, já estão in-

clusive incorporando filtros melhorados, ionizadores e outras tecnologias aos seus sistemas. Em escala industrial também já existem equipamentos de filtragem para serem incorporados nos sistemas de climatização.

Já a Tabela referente aos purificadores de uso individual mostra um número menor de fabricantes, com reduzidas opções, sendo pequena a variedade para um produto que deve se acomodar às mais diversas especificidades. Proporcionalmente foram achados menos opções feitas por fabricantes reconhecidos e mais produtos de distribuição reduzida ou que ainda não são plenamente comercializados. Por outro lado, há mais empresas oferecendo opções de visual personalizados, mas ainda em grande parte deles focados somente em variações de estampas.

2.5. Definição da área de atuação

Como explicado no item 2.1.1, a poluição interna pode ser resultante da baixa circulação de ar, em geral em prol de eficiência energética (isolamento térmico), que faz com que gases liberados por produtos fiquem presos no ambiente. Além disso, esse tipo de poluição se agrava consideravelmente devido ao uso de técnicas rudimentares de queima, para aquecimento ou alimentação. Sendo assim, parte do motivo para o elevado número de mortes ligado à poluição interna (4,3 milhões em 2012) está relacionado a infraestruturas precárias em países subdesenvolvidos que geram a necessidade da utilização de fogueiras para aquecimento e cozimento de alimentos.

Além disso, as soluções para problemas de poluição interna são mais difundidas, existindo no mercado diversos aparelhos e sistemas de purificação de ar para os mais diversos tamanhos de cômodos, como visto nas Tabelas 2 a 6. Além disso, existem outras formas de melhorar a qualidade do ar interno, como a adição de determinadas espécies de plantas, o uso de arquitetura com foco na circulação de ar, o acesso a formas menos poluentes de aquecimento e cozimento de alimentos, ou até mesmo a seleção de produtos que entram no ambiente para minimizar off gasing nocivos.

O ponto principal é que, além de acesso a soluções, o indivíduo afetado por essa poluição, em geral, tem poder de influência na qualidade do ar do ambiente. O que difere do indivíduo que sofre com a poluição externa.

No caso da poluição externa, o indivíduo exposto não tem controle sobre as fontes de poluição, como indústrias e tráfego. Além disso, não pode adicionar medidas naturais para aprimorar a qualidade do ar, mudar a arquitetura do ambiente ou escolher os tipos de produtos que estão no ambiente.

Ainda que o indivíduo afetado possa escolher circular por áreas menos afetadas, esse é um controle muito limitado, já que muitas vezes não há múltiplos trajetos dentre os quais escolher. Além disso, dada a magnitude dos focos e da capacidade de dispersão dos poluentes, essa atitude pode não ter tanto impacto.

Por esses motivos, optou-se por desenvolver um projeto focado no público que estivesse exposto à poluição externa.

2.6. Definição do público alvo

Com a opção de direcionar o projeto para áreas externas, fica claro que grande parte das fontes de poluição está fora do controle do indivíduo. Em grandes cidades, o tráfego se destaca como uma das principais fontes de poluentes, afetando motoristas e pedestres.

Estudos preliminares nos EUA mostram que ciclistas estão respirando um pouco mais da metade de sua dose diária de poluição somente durante seu percurso aos seus afazeres diários (trabalho, escola, etc.), o que representa apenas 6 a 8% do seu dia.²⁶ Esses mesmos estudos mostram que, em ciclovias afastadas das rodovias por uma fila de carros estacionados, seus usuários respiram menos poluição do que em ciclovias adjacentes, reforçando o tráfego como grande fonte de poluentes. Esse estudo demonstra o quanto a proximidade com o tráfego pode ser impactante na quantidade de poluentes inalados, mesmo para indivíduos que não estão dentro de automóveis.

Além disso, a atividade física aumenta o volume de ar respirado e, conseqüentemente, o volume de poluentes inalados. Durante uma caminhada, um indivíduo inala um volume de ar de 2 a 3 vezes maior do que sentado, mas essa diferença aumenta de acordo com a intensidade do exercício. Uma pessoa que inala 8 litros de ar em repouso, pode

²⁶ https://www.nytimes.com/2017/07/06/well/move/on-your-bike-watch-out-for-the-air.html?smid=fb-nytimes&smtyp=cur&_r=0

inalar até 70 litros quando andando de bicicleta em intensidade média.²⁷ Com isso, estudos analisam até que ponto as atividades físicas ao ar livre deixariam de ser benéficas por causa dos poluentes. Em locais como Londres e Barcelona os benefícios permanecem superando os prejuízos, mas em locais como Déli a atividade física externa só é benéfica se tiver duração de até 30 min, em função dos poluentes que serão inalados.²⁵

Com a decisão de focar o projeto em áreas externas, sendo o tráfego automotivo um grande foco de poluição, e tendo em vista o aumento do volume de poluentes absorvidos durante atividade física, o grupo de ciclistas se mostra fortemente impactado por esse problema. Além disso, a já existente exigência do uso de equipamentos de segurança ao público escolhido pode fazer com que os mesmos tenham menos resistência à utilização de um novo acessório no rosto.

2.7. Análise de similares e testes de usabilidade

Após a análise inicial demonstrada no item 2.4, foram feitas análises mais aprofundadas com alguns exemplares de mais fácil acesso. Observou-se que houve dificuldade de aquisição para grande parte dos produtos analisados inicialmente, fosse devido a dificuldades de contato com as empresas, prazo muito longo para entrega dos produtos ou ausência de revendedores no país.

Inicialmente, foram adquiridos e analisados 3 respiradores descartáveis: o Respirador 3M, o Respirador Moldex e o Respirador Maskface. As Figuras 7 a 9, demonstra esses produtos. As observações identificadas durante a análise foram organizadas na Tabela 2.

²⁷ https://www.nytimes.com/2017/07/06/well/move/on-your-bike-watch-out-for-the-air.html?smid=fb-nytimes&smtyp=cur&_r=0



Figura 7 - Respirador descartável 3M 8812. Fonte: acervo do autor



Figura 8 - Respirador descartável Moldex 4200. Fonte: acervo do autor



Figura 9 - Respirador descartável Air Safety Maskface. Fonte: acervo do autor

	Máscara 3M		Máscara Moldex		Máscara Maskface	
	Nota	Justificativa	Nota	Justificativa	Nota	Justificativa
Facilidade de respirar	4	Pouca dificuldade pra respirar. Leve aumento na dificuldade em uma situação contra o vento	3	Não oferece muita resistência na respiração. Aumento na dificuldade de expirar em uma situação contra o vento	3	Alguma resistencia na respiração. Pouca resistência na expiração em situação contra o vento
Vedação	3	Parece haver potenciais pontos de entrada de ar ao lado do nariz e nas bochechas	4	Ponto de entrada de ar ao lado do nariz	2	Opção menos apropriada. Pontos de entrada de ar ao lado do nariz e embaixo do queixo
Conforto das tiras	4	Leve incômodo na tira por trás do pescoço	3	Leve pressão do elástico no pescoço e na cabeça	4	Pouco se sente da tira no pescoço
Conforto da máscara	3	Leve pressão no nariz. Desconforto logo abaixo do queixo. Quando tenta falar a máscara impossibilita movimentos ou sai do local.	3	Encaixa bem no rosto, mas faz pressão no nariz e na maçã do rosto (possivelmente por causa do grampo do elastico). Pouca restrição de fala	4	Máscara fica confortável no rosto. Pouca pressão no nariz. Sensação de ser mais leve. Pouca restrição na fala
Conforto térmico	3	Razoavelmente quente	2	Quente	3	Um pouco quente, a válvula parece menos eficiente
Apelo visual durante uso	1	Inexistente	1	Muito volumoso e aparenta ser apertado e desconfortável	1	Parece apertado e se movimenta enquanto respira. Muito proeminente
Ajuste	2	Dificuldade de segurar a máscara sem deformar enquanto passa o elástico por cima da cabeça. Elástico superior pode escorregar no cabelo.	1	Máscara deforma muito quando se puxa o elástico. Elástico mais difícil de passar por cima da cabeça	3	Mais confuso de ajustar inicialmente, mas permite níveis para o elastico. Fácil de retirar com uma mão e ainda permanece pendurada no pescoço. Ajuste no nariz é mais difícil de adaptar
Mobilidade	3	Movimentação levemente restringida. Movimentos verticais dão a sensação de que a vedação vai ser comprometida.	4	Movimentação levemente restringida	5	Melhor mobilidade

Tabela 2 – Avaliação de similares. Fonte: elaboração própria

Todos os produtos apresentaram deficiências relevantes em alguns critérios analisados, como falhas de vedação, dificuldade de ajuste e falta de apelo visual. Houve dificuldade, principalmente, em encontrar um produto combinasse características positivas, como oferecer conforto e boa vedação simultaneamente, por exemplo.

Ainda assim constatou-se que essas deficiências poderiam ser comuns somente aos produtos descartáveis, sendo supridas pelas versões reutilizáveis, ou poderiam se comportar de maneira diferente em uso durante atividade física.

Sendo assim, foram desenvolvidos novos testes para avaliar versões reutilizáveis e descartáveis durante atividade física. A opção maskface não prosseguiu sendo avaliada por apresentar pouca firmeza (na fixação da máscara ao rosto) mesmo quando testada em repouso.

Para os testes seguintes, as avaliações foram feitas durante atividade física (corrida e ciclismo) com as duas opções selecionadas da análise anterior, juntamente mais três opções de respiradores reutilizáveis de marcas distintas. Os produtos utilizados foram demonstrados nas Figuras 10 a 12.

As análises das máscaras durante o uso, foram realizadas pelo autor e por três outros voluntários, com o intuito de avaliar como os respiradores se comportam em fisionomias diferentes. A Figura 13 demonstra as máscaras sendo utilizadas.



Figura 10 - Respirador semi-facial reutilizável 3M 6200. Fonte: acervo do autor



Figura 11 - Respirador de meia máscara reuzável Moldex 7801B. Fonte: acervo do autor



Figura 12 - Respirador semifacial Air Safety Air San. Fonte: acervo do autor

		3M				Média	Moldex				Média	Airsafety				Média	3M (descartável)				Média	Moldex (descartável)				Média
		D	R	M	C		D	R	M	C		D	R	M	C		D	R	M	C		D	R	M	C	
FORMA	Acomodação facial	4	3	4	5	4.0	4	4	5	4	4.3	4	4	5	4	4.3	2	2	5	3	3.0	3	4	3	5	3.8
	Vedação	5	4	3	5	4.3	5	5	5	5	5.0	4	3	5	3	3.8	2	2	1	1	1.5	3	3	1	3	2.5
	Acomodação no nariz	2	2	4	5	3.3	3	4	5	4	4.0	3	5	5	3	4.0	2	1	4	2	2.3	3	4	4	5	4.0
	Leveza	3	4	5	5	4.3	3	4	5	5	4.3	1	2	4	3	2.5	5	5	5	5	5.0	5	5	5	5	5.0
	Visão	4	4	4	4	4.0	3	5	5	5	4.5	2	3	5	5	3.8	3	5	5	5	4.5	2	4	3	5	3.5
	Toque	3	2	5	3	3.3	3	4	5	4	4.0	2	3	4	3	3.0	2	4	4	5	3.8	3	2	4	4	3.3
Mobilidade	Movimento facial	2	2	3	4	2.8	3	3	3	3	3.0	2	4	3	4	3.3	3	1	4	5	3.3	5	3	5	5	4.5
	Movimentação Lateral	3	5	5	5	4.5	3	5	5	4	4.3	1	2	5	3	2.8	4	5	5	5	4.8	4	5	5	5	4.8
	Movimentação vertical	2	5	3	5	3.8	3	5	5	4	4.3	1	1	4	3	2.3	3	5	5	5	4.5	4	5	5	5	4.8
FIXAÇÃO	Colocar/tirar	3	3	5	3	3.5	3	4	5	3	3.8	4	4	4	5	4.3	2	3	5	5	3.8	2	3	5	5	3.8
	Ajuste	3	4	4	4	3.8	2	4	5	3	3.5	3	4	3	5	3.8	-	-	-	-		-	-	-	-	
	Permanência da fixação	5	3	5	5	4.5	5	5	5	4	4.8	3	2	3	5	3.3	3	2	5	3	3.3	3	4	5	5	4.3
	Conforto das tiras	2	4	4	5	3.8	3	4	3	5	3.8	4	4	4	5	4.3	2	3	5	5	3.8	2	3	5	5	3.8
CONFORTO TÉRMICO	Calor (quente.....fresco)	4	3	3	4	3.5	4	3	4	5	4.0	4	4	2	4	3.5	3	2	4	5	3.5	2	1	4	5	3.0
	Suor (úmido.....seco)	3	4	4	4	3.8	4	3	4	5	4.0	3	3	4	4	3.5	3	3	5	5	4.0	2	2	4	5	3.3
Respiração		4	2	5	4	3.8	3	4	5	2	3.5	5	4	2	3	3.5	4	1	5	2	3.0	4	3	5	5	4.3
Visual		2	3	3	5	3.3	3	4	4	5	4.0	1	1	2	3	1.8	1	3	2	2	2.0	1	4	2	2	2.3

Tabela 3 - Avaliação de similares durante o uso



Figura 13 – Avaliadores utilizando respiradores. Fonte: acervo do autor

Após as análises pode-se reparar na variedade de discordâncias entre os avaliadores, a respeito dos mesmos critérios. Na 3M reutilizável, alguns avaliadores comentaram sobre pressão em cima do nariz, mas dizem que não houve problemas para respirar, enquanto outros avaliadores tiveram dificuldade de respirar tendo que interromper o uso. Outros aspectos com opiniões divergentes foram a vedação ao lado do nariz, o incômodo causado pelas tiras e o deslocamento da máscara no rosto.

A Moldex reutilizável se acomodou melhor aos diferentes rostos, mantendo boa vedação. Esse fato foi atribuído à flexibilidade do corpo da máscara, quase todo em silicone. Esse respirador também apresentou maior umidade dentro da máscara após o uso, provavelmente devido à vedação. Houve reclamações dos avaliadores quanto às tiras e à falta de mobilidade da cabeça. Alguns acharam fácil de respirar enquanto outros preferiram as outras opções.

Em relação ao respirador da Air Safety, os avaliadores concordaram que ele não incomodava no rosto, que os ajustes das tiras tinham mais problemas em se manter por certo período de tempo, e que a máscara balançava mais, devido ao seu peso e comprimento. Alguns acharam mais fresca, mas também experienciaram vedação ruim, com entrada de ar pelas bordas.

Em relação às opções descartáveis, os avaliadores concordaram que todas apresentaram melhor leveza, que a opção com válvula para a saída de ar (3M) melhora o calor e diminui a umidade dentro da máscara, e que a opção flexível (Moldex) facilita a comunicação, a acomodação no rosto e a respiração pela boca (por vezes necessária durante atividade física). As opiniões diferem na hora de escolher a opção que preferem: alguns avaliadores tiveram problemas com o tamanho do respirador da 3M que, por ser pequeno, saía da posição correta e apertava o nariz, dificultando a respiração. Esses avaliadores portanto, preferiram a opção da Moldex. Os demais avaliadores – que não enfrentaram esses problemas – preferiram o respirador da 3M, por ser menos proeminente e mais agradável, e por ser mais fresco e não escorregar por causa da umidade. Ambas opções causaram desconfortos provenientes do repuxar de elásticos após alguns usos.

Ao final da análise, notou-se que os respiradores se comportaram de forma muito diferente em cada tipo de rosto, mesmo sendo todos de tamanho M. Notou-se também que as válvulas de entrada não pareceram ser tão essenciais para facilitar a respiração e a forma do respirador pareceu influenciar mais na dificuldade de respirar do que a quantidade de válvulas. Notou-se também que a válvula de saída melhora consideravelmente a questão de calor e umidade.

Outros pontos observados foram o de que a flexibilidade do material ajuda no encaixe em diferentes formatos de rosto e na possibilidade de fala. A proximidade com o rosto (nas máscaras sem protuberância) facilita a movimentação da cabeça, permite uma movimentação mais natural e fica menos perceptível ao usuário. As tiras de fixação ajustáveis firmaram melhor a máscara, mas as tiras sem ajustes não foram consideradas menos eficientes em fixar as máscaras. Todos os respiradores necessitam uma retirada de emergência e poderiam ser beneficiados pela possibilidade de tirar a máscara com uma mão só. Os respiradores descartáveis são piores de colocar e não possuem ajuste. As tiras adaptáveis possuem um ajuste trabalhoso de fazer e complicado em caso de estar em movimento.

O principal ponto observado foi o de que cada máscara se comportava de forma diferente nos diferentes rostos, de modo que cada usuário possuía preferências e rejeições em critérios diferentes. Percebeu-se que a questão de adaptar o produto às diferentes fisionomias se tornaria o principal objetivo e a maior dificuldade. Também nesse sentido, observou-se que a opção por materiais flexíveis ou que se moldem ao rosto parece ser mais vantajosa do que a utilização de materiais rígidos, que permitem diversas falhas de vedação em diferentes rostos. O problema de acúmulo de umidade dentro da máscara foi considerado secundário em relação às falhas na vedação, já que estas invalidariam o uso da máscara.

Ao fim da análise, foi estabelecida uma lista, em ordem de prioridade, de outros critérios importantes que devem ser considerados durante a conceituação:

1. Facilidade de respirar
2. Conforto formal

3. Conforto térmico

4. Capacidade de se comunicar

5. Conforto das tiras (ficou com a última posição porque, mesmo a opção mais básica, não foi considerada desagradável)

2.8. Requisitos e restrições do projeto

A partir dos dados coletados e das análises desenvolvidas, foram definidos os requisitos e restrições para guiar a geração de alternativas.

2.8.1. Requisitos

Filtrar material particulado

Tampar ambas vias aéreas (boca e nariz)

Poder ser removida com uma só mão, para emergências

Permitir mobilidade da cabeça

Ter válvula de saída para minimizar o calor e facilitar a respiração durante a atividade física

Ser mais próximo do rosto, para ter um visual menos proeminente

2.8.2. Restrições

Não utilizar material que danifique em contato com água

Não usar material que seja prejudicial à saúde ao entrar em contato com a pele

Não usar material que cause desconforto ao entrar em contato com a pele e cabelos

Não impedir o uso de capacetes

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Geração de alternativas

O início da exploração de alternativas ocorreu paralelamente à realização dos últimos testes de usabilidade. As alternativas iniciais para o produto foram definidas com base nos requisitos e restrições estabelecidos. Os sketches iniciais estão demonstrados na Figura 14 e foram utilizados para explorar formas básicas para o produto. Para esses sketches, foram considerados outros elementos como capacetes e óculos, que poderiam ser utilizados simultaneamente com a máscara, para a aplicação proposta.

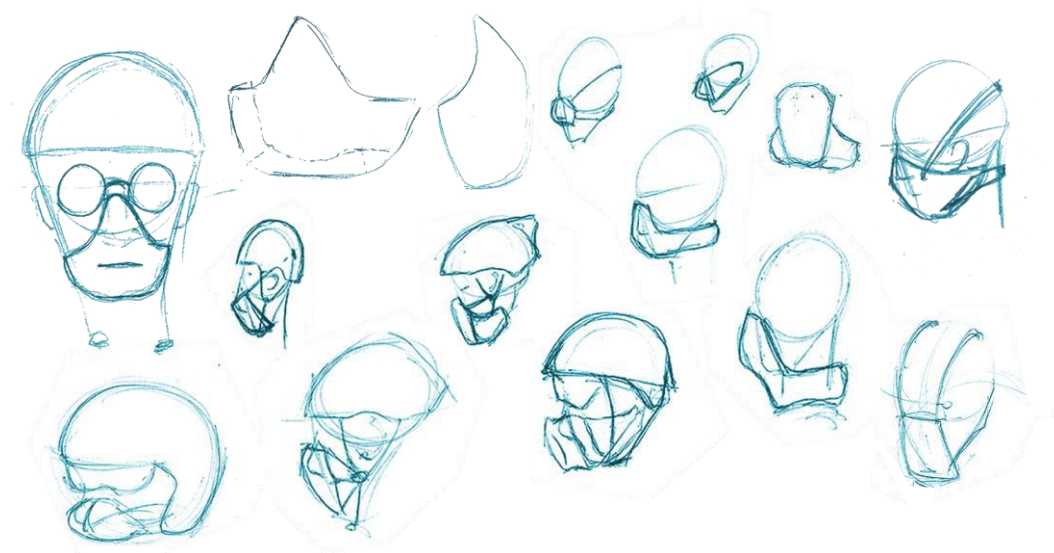


Figura 14 - Esboços e silhouetas iniciais. Fonte: elaboração própria

Em seguida, foram consideradas opções nas quais outro elemento de vestuário poderia ser incorporado na máscara, com o objetivo de disfarçar seu uso. A Figura 15 ilustra opções nas quais um lenço de pescoço poderia ser preso ao respirador, que teria estruturas específicas para essa fixação.

Essa opção foi pensada com o intuito de diminuir uma possível rejeição do público com o uso da máscara, já que ela poderia parecer fora de contexto quando utilizada durante uma atividade física ou trajeto através de bicicleta. Essa opção foi descartada porque, em cidades quentes como o Rio de Janeiro, a utilização de lenços durante atividade fí-

sica poderia gerar mais calor, além de diminuir a mobilidade da cabeça e causar desconforto durante o uso proposto. A inclusão de elementos para a fixação do lenço também poderia interferir negativamente no visual da máscara, para os usuários que optassem por não utilizar o lenço.

Além disso, considerou-se que a opção de expor a máscara, ao invés de escondê-la, poderia assumir a função de trazer visibilidade para o problema da poluição, conscientizando outros ciclistas sobre os riscos aos quais estão expostos.



Figura 15 - Incorporação de elementos de vestuário. Fonte: elaboração própria

Também foram consideradas opções de fixar o filtro em elementos externos à máscara, como partes do capacete, partes da bicicleta, ou em pingente, cordões ou partes da roupa, conforme demonstra a Figura 16.

No entanto, essas alternativas precisariam ter um tubo de ligação entre o filtro e a máscara, para garantir a distribuição do ar filtrado. A existência dessa conexão entre a máscara e um outro elemento poderia ser inconveniente, reduzir a mobilidade e dificultar a aceitação do público. Por esses motivos, essas opções foram descartadas.

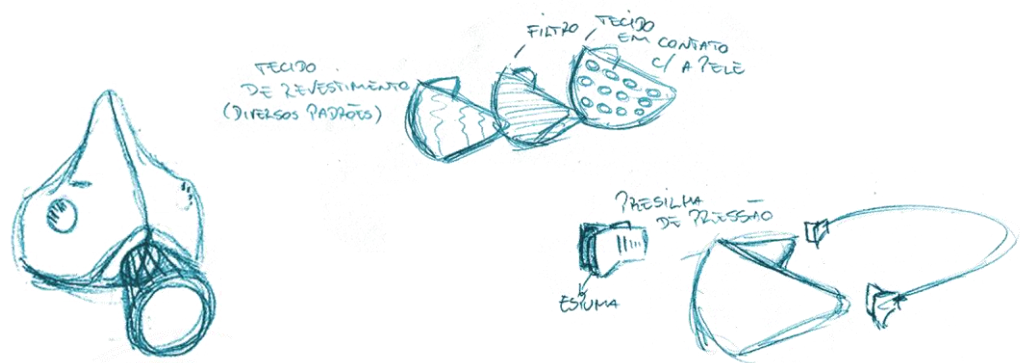


Figura 17 - Opções de incorporação e posicionamento dos filtros. Fonte: elaboração própria

Inicialmente foram desenvolvidas algumas opções onde o filtro seria um elemento externo e removível, conforme ilustrado na Figura 18. Notou-se que para essa alternativa, o respirador teria um elemento proeminente na sua forma, o que poderia ter grande impacto no visual do usuário, já que o formato da máscara chamaria ainda mais atenção. Além disso, os testes de similares desenvolvidos durante o levantamento de dados, demonstraram que esse tipo de máscara, que possui partes mais afastadas do rosto, pode passar um sentimento de instabilidade durante o movimento. Por esses motivos a opção de desenvolver um filtro externo foi descartada.

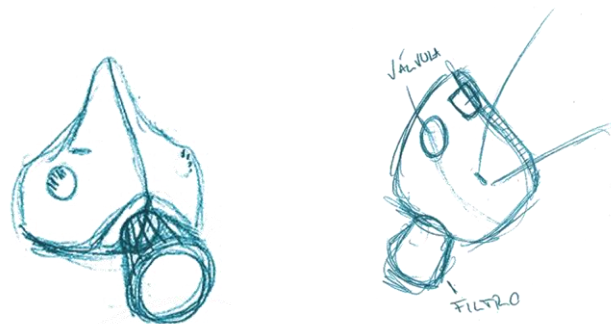


Figura 18 - Alternativas com filtro externo. Fonte: elaboração própria

Em seguida, foram desenvolvidas algumas opções onde toda a máscara seria composta pelo filtro moldado e, conseqüentemente, todo o produto seria descartável. A Figura 19 ilustra algumas dessas opções.

Essas opções foram descartadas porque iriam gerar mais descarte de materiais, já que determinadas partes do respirador que poderiam ser reutilizadas (como as tiras de fixação, por exemplo), acabariam sendo descartadas junto com o restante do produto. Como

visto anteriormente, o aumento de materiais a serem descartados criaria uma contradição com a proposta do produto, já que dependendo da forma de descarte, esses materiais acabariam sendo incinerados e gerariam mais poluição.

Além disso, a realização de uma máscara completamente descartável implica na necessidade de redução de seu custo, para que o mesmo usuário possa comprar o produto repetidamente. Essa redução de custos dependeria da simplificação de diversos aspectos que são considerados fundamentais para uma boa usabilidade do produto - para a redução na quantidade de moldes, o produto teria tamanhos que talvez não se adequassem a todos os rostos; para facilitar a fabricação, o conforto talvez ficasse comprometido; para utilizar um único material, a colocação e retirada da máscara poderia não ser tão eficiente, etc. -, gerando um produto de menor qualidade.

Foi considerada ainda a opção de uma máscara que fosse toda formada por material de filtro, mas possuísse tiras de fixação removíveis e reutilizáveis, conforme mostrado na Figura 19. No entanto, sendo quase toda descartável, ela teria os mesmos problemas apresentados na alternativa anterior e por isso, essa opção foi descartada.



Figura 19 – Opções compostas apenas pela moldagem do material de filtro. Fonte: elaboração própria

Foi desenvolvida então uma alternativa que seria formada por um filtro maleável e uma armação externa, conforme demonstra a Figura 20. Nessa opção, a armação funcionaria como elemento reutilizável que teria a função de fixar o filtro contra o rosto do usuário.

Dessa forma, o produto teria uma grande área com material de filtragem, mas não seria completamente descartável.

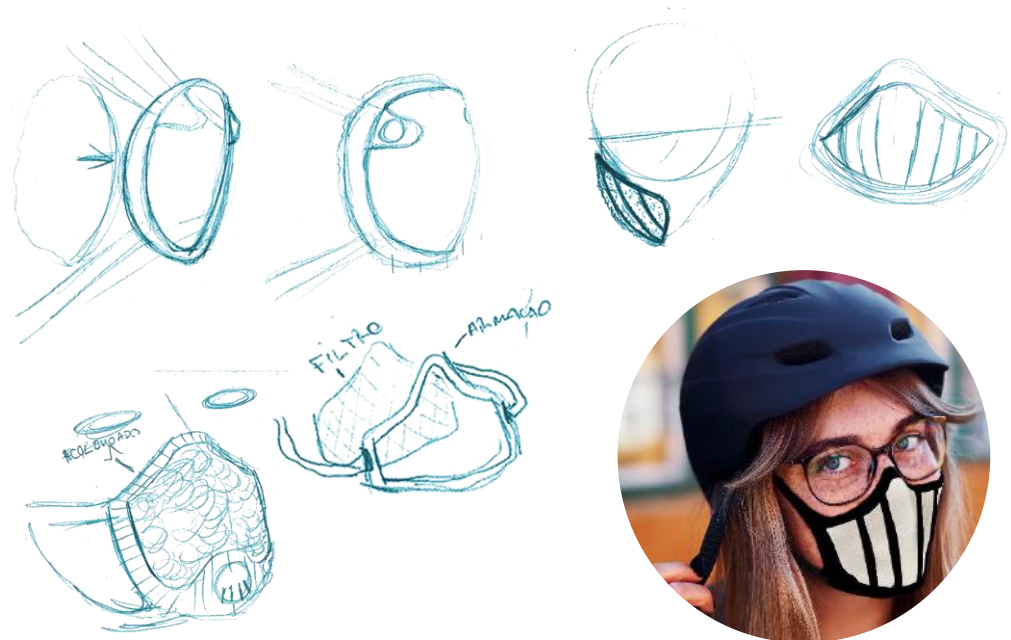


Figura 20 - Alternativa com armação. Fonte: elaboração própria

Para melhor estudar a ideia, foi desenvolvido um mockup utilizando uma armação para segurar o filtro. Esse modelo possuía uma haste rígida em toda a sua borda, para ajudar a estruturar o produto. Percebeu-se que ele precisaria de tiras de fixação partindo da parte de cima e da parte de baixo da máscara, caso contrário a estrutura se moveria, comprometendo a vedação do produto. Também houve dificuldade de adaptar o mock-up ao uso de óculos, pois o local de sustentação dos óculos estava ocupado pela haste da armação. A Figura 21 demonstra os testes realizados com o mock-up.



Figura 21 – Mock-up de armação. Fonte: acervo do autor

Em seguida, foram desenvolvidas opções nas quais os filtros seriam posicionados apenas em locais específicos da máscara, que teria aberturas ou ranhuras para a entrada de ar. Essas opções foram demonstradas nas Figura 22. Essa alternativa apresentou a vantagem de ter os filtros apenas em locais específicos, de modo que a maior parte da máscara fosse reutilizável.



Figura 22 - Alternativas com filtros apenas em determinadas áreas. Fonte: elaboração própria

Além da separação e posicionamento dos filtros, foram feitos estudos para explorar outras características do produto, como a forma de vedação e contato com o rosto. Durante os testes desenvolvidos, verificou-se que algumas máscaras apertavam e marcavam muito a região das bochechas do usuário, criando desconforto e um visual estranho. Para evitar esse problema, foram desenvolvidas opções de acolchoamento da parte que fica em contato com o rosto, nas bordas da máscara. Algumas das alternativas consideradas foram as de utilizar uma espuma evulvida em material de filtro, para garantir a vedação, ou a de utilizar um material flexível e não poroso nas bordas. Outra opção considerada foi a de utilizar o próprio material de filtro para criar o acolchoamento nas bordas da máscara, conforme demonstra a Figura 23. Foi desenvolvido também um modelo para testar essa opção e verificou-se que a adição do material de filtro extra, realmente criou um acolchoamento e contribuiu para o aumento do conforto.

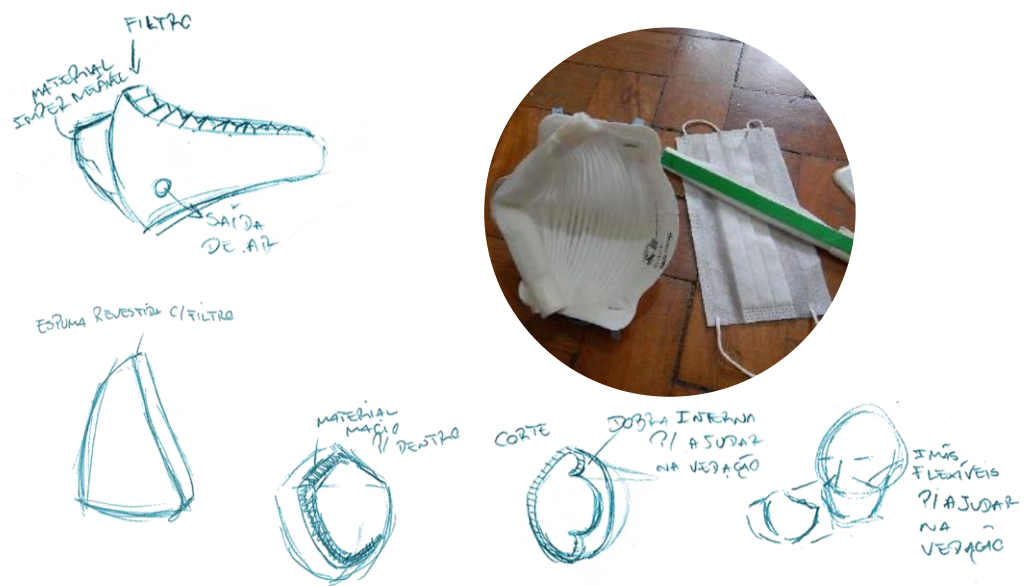


Figura 23 - Opções de acolchoamento das bordas. Fonte: elaboração própria

Após os estudos referentes à vedação, foram desenvolvidos estudos para definir como seriam as tiras de fixação da máscara. Foram exploradas opções com acolchoamento nas tiras para garantir maior conforto, opções com tiras de formato irregular, opções sem tiras, etc. Para melhor compreender o comportamento das tiras de fixação, foram desenvolvidos modelos de avaliação.

A Figura 24, demonstra uma alternativa de máscara sem a utilização de tiras para fixação, inspirada em dilatadores nasais. Nessa opção, o usuário utilizaria adesivos com ímãs, que serviriam para fixar a máscara através de força magnética. Com a confecção do modelo de teste, ilustrado na Figura 25, percebeu-se que essa opção de fixação era capaz de fixar a máscara, mas não conferia estabilidade ao produto e nem passava segurança para o usuário. Além disso, os adesivos faciais precisariam ser trocados a cada uso, o que iria adicionar mais um elemento descartável ao respirador.

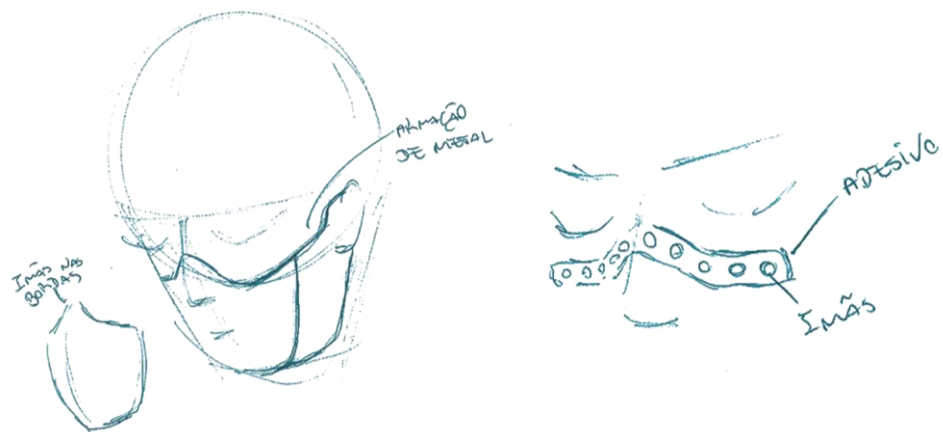


Figura 24 - Alternativa sem tiras de fixação. Fonte: elaboração própria



Figura 25 – Mock-up sem tiras de fixação. Fonte: acervo do autor

Em seguida, foram testados diferentes arranjos das tiras de fixação. As opções da Figura 26 reconstróem formas convencionais de fixação, já existentes nas máscaras atuais.



Figura 26 - Testes de arranjos convencionais das tiras. Fonte: acervo do autor

A Figura 27 demonstra experimentações de outras possíveis disposições das tiras, com o objetivo de gerar novas alternativas.



Figura 27 - Testes de arranjos convencionais das tiras. Fonte: acervo do autor

Durante a análise dos modelos desenvolvidos, observou-se que as arrumações que possuíam uma tira diretamente atrás do pescoço (arrumações 1, 2 e 4) passavam a sensação de uma menor mobilidade da cabeça.

Também foram feitos testes de fixação com apenas uma tira, conforme demonstrado na Figura 27. Apesar de conseguirem manter a máscara no local, essas alternativas passavam sensação de instabilidade e, dependendo do movimento da cabeça, não garantiam a fixação da máscara, o que causaria a entrada de ar pelas bordas.

Para testar o comportamento de diversas arrumações de tiras, foram utilizados elásticos com ganchos presos em ambas as pontas, que poderiam ser encaixados em um corpo com diversos furos. Durante essa análise, percebeu-se que essa era uma forma rápida e prática de colocar e retirar a máscara, e decidiu-se incorporar isso ao conceito do produto.

Foram exploradas ainda outras opções de fixação que poderiam unir dois ganchos em uma única peça, para que a máscara fosse retirada com apenas uma mão. A Figura 28 demonstra essas opções, juntamente com o arranjo que foi considerado o mais vantajoso, durante os testes.

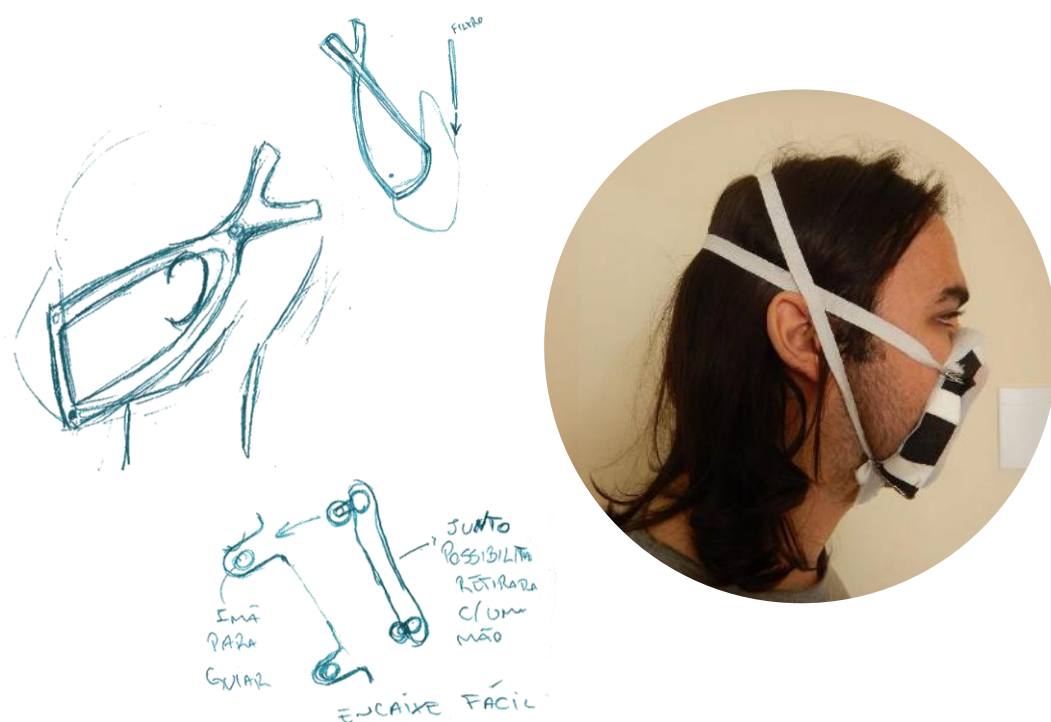


Figura 28 - Refinamento do arranjo das tiras. Fonte: elaboração própria

Outro ponto observado durante a análise de modelos foi o de que certos arranjos da tira apresentavam diferença de fixação quando comparadas em diferentes formatos de cabeça. Algumas opções serviram bem para uma pessoa, mas não se adequaram à cabeça de outra.

Essa observação, somada às análises dos formatos de máscara e às observações realizadas durante o levantamento de dados, reforça o ponto de que o maior problema enfrentado seria o de adequar uma mesma máscara a diferentes tamanhos e formatos de rosto. Tendo em vista que uma numeração P, M e G poderia não ser o bastante para especificar também outras dimensões relevantes (largura de rosto, tamanho de nariz, formato de nariz, formato da cabeça, etc.), verificou-se a necessidade de criar um produto com material que pudesse se adaptar a todas essas variantes.

Na tentativa de solucionar esse problema, buscou-se opções para conferir flexibilidade ao respirador, de modo que um mesmo produto pudesse se conformar a diferentes rostos.

Inicialmente, considerou-se a opção de criar um filtro com dobras e excesso de materiais, de modo que ele pudesse se esticar ou retrair para se adaptar a rostos maiores ou menores. Outra vantagem verificada nessa alternativa seria o aumento da superfície da máscara, que proporciona maior área de filtração e garante maior durabilidade ao filtro. Essas alternativas foram ilustradas na Figura 29.

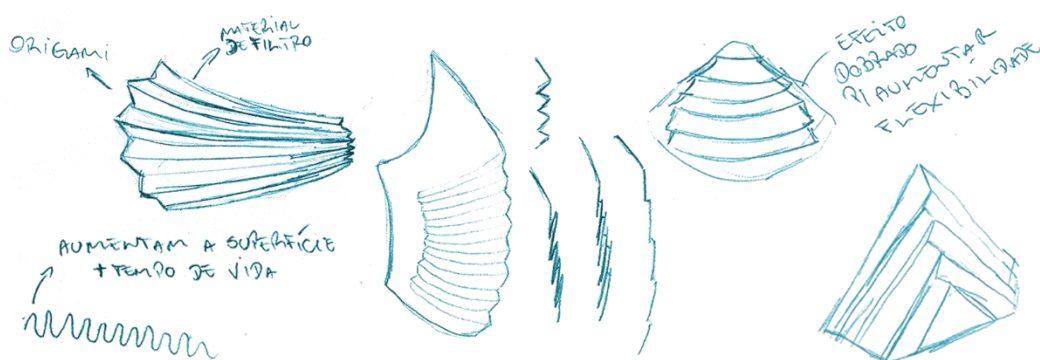


Figura 29 - Alternativas com dobras. Fonte: elaboração própria

Ainda seguindo o princípio da sobra de material, foram elaborados dois conceitos que permitiriam o ajuste da máscara de acordo com a regulagem dessa sobra, conforme demonstra a Figura 30. Nenhuma das duas opções apresentou bons resultados, já que, tendo que incorporar excesso de material, ambas apresentavam um visual ruim. Além disso, por pressionar materiais muito flexíveis contra o nariz do usuário, elas causavam maior desconforto durante a respiração. Também foi observado que as duas opções iriam incorporar materiais extras que seriam desnecessários para a maioria dos usuários, apenas com o intuito de que uma mesma máscara se adequasse a todas as pessoas.



Figura 30 - Alternativas com sobra de materiais. Fonte: elaboração própria

Também foi estudada a alternativa de ter uma máscara com estruturas rígidas ligadas por um elemento elástico, que iria se conformar ao rosto do usuário. As Figuras 31 e 32 demonstram os estudos dessa opção.

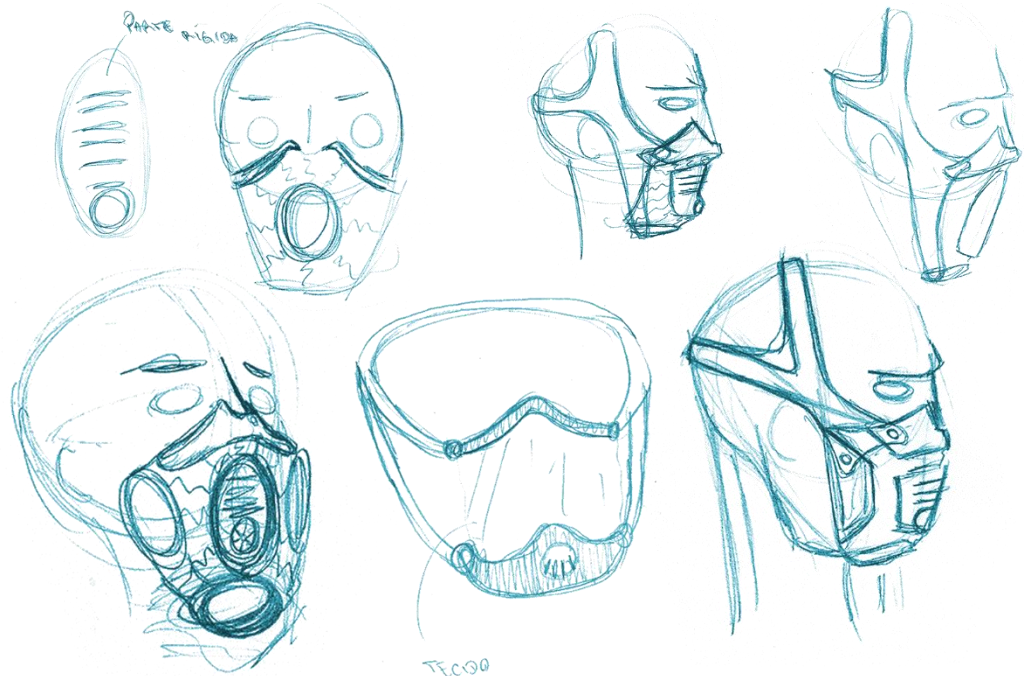


Figura 31 - Alternativas com partes rígidas e partes elásticas. Fonte: elaboração própria



Figura 32 Mock-up com partes rígidas e partes elásticas. Fonte: acervo do autor

Essa alternativa, no entanto, apresentou problemas referentes à incorporação do filtro, já que este não seria tão flexível quanto o material proposto. A limpeza desse tipo de material também poderia se apresentar como um problema.

Outra opção considerada foi a de utilizar ranhuras ou aberturas na máscara para criar flexibilidade mesmo em materiais rígidos. Essas alternativas foram demonstradas na Figura 33.



Figura 33 - Alternativas com ranhuras em superfícies rígidas. Fonte: elaboração própria

A partir dessa ideia, buscou-se também materiais que poderiam ser moldados ao rosto de cada usuário, criando uma máscara que se adaptasse especificamente ao formato do rosto de cada um. Para avaliar essa ideia, foram desenvolvidos modelos com diferentes tramas metálicas, conforme demonstrado na Figura 34. Os modelos desenvolvidos com trama mais grossa foram mais difíceis de moldar aos rostos, enquanto os modelos desenvolvidos com tramas mais finas não mantinham seu formato moldado por muito tempo.



Figura 34 – Mock-ups com telas metálicas. Fonte: acervo do autor

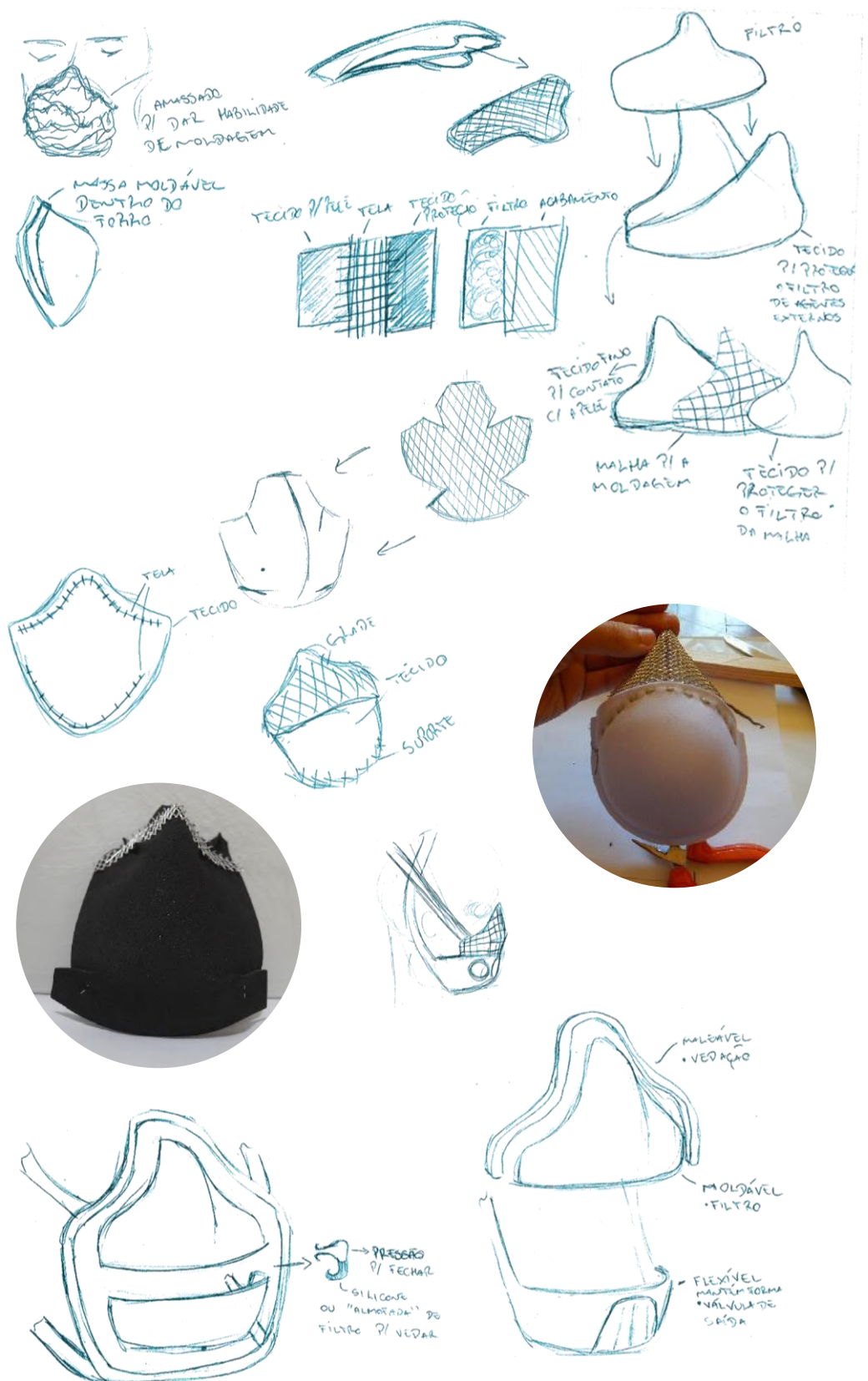


Figura 35 - Desenvolvimento de alternativas com o uso de tramas metálicas. Fonte: elaboração própria

Também foram feitas experimentações com opções que utilizariam as tramas metálicas apenas em determinadas partes do respirador. No entanto, nenhuma das opções apresentou a facilidade de moldagem esperada. Percebeu-se que a opção de fornecer um material que fosse moldável e ajustável pelo próprio consumidor não seria tão vantajosa, já que essa moldagem em uma área complexa do rosto poderia ser trabalhosa e criar mais resistência aos consumidores.

3.2. Análise das alternativas e redirecionamento do projeto

Assim, a partir da análise dos modelos e alternativas desenvolvidas, constatou-se que a opção de criar um mesmo produto que se adaptasse aos diferentes tipos e tamanhos de rosto, poderia resultar em uma máscara com muitas desvantagens para os usuários. Para esse propósito, seria necessário criar diversas generalizações, que significavam que o usuário não teria o melhor para ele, mas sim o melhor possível para que o produto abrangesse diversas pessoas.

Isso acontece porque o produto precisa se adequar e promover vedação em uma área muito complexa, cuja combinação e variação de medidas é muito determinante. Precisaríamos ser consideradas medidas como a altura, largura e formato do rosto, tamanho e formato do nariz, tamanho das bochechas, formato do queixo, etc. Dessa forma, englobar todas essas medidas em um padrão de P, M e G se torna uma opção complexa e pouco eficiente, principalmente para um produto no qual a conformação ao rosto do usuário e a necessidade de vedação são aspectos tão importantes.

Assim, constatou-se que, em uma proposta pouco convencional, com um produto que as pessoas ainda não estão acostumadas a utilizar nessa situação, a aceitação poderia ser facilitada se cada usuário pudesse ter a melhor opção para ele mesmo, e não o melhor possível para que o produto se adeque a todos.

A ideia de gerar máscaras específicas e adaptadas para cada usuário, se reforça pelas ideias defendidas por McDonough e BraunGart²⁸. Segundo os autores, a tendência do design atual de propor soluções globais (um único produto que se adeque a diversos

²⁸ MCDONOUGH, William e BRAUNGART, Michael. *Cradle to cradle, remaking the way we make things*. Nova York: North Point Press, 2002

usuários com culturas, ergonômias e expectativas distintas) acaba gerando resultados que não são realmente eficientes para quase ninguém. Eles defendem a teoria de que os produtos devem ser apresentados e fabricados como soluções locais, específicas para um público restrito e específico. Dessa forma, os produtos seriam desenvolvidos para se adaptar a cada usuário, ao invés de os usuários precisarem se adaptar às opções de produto que encontram disponíveis. De acordo com os autores, essa forma de produção também possui um valor ambiental, já que os consumidores irão adquirir objetos mais adequados a eles e às suas expectativas, aumentando o valor agregado ao produto e, possivelmente, reduzindo o descarte desnecessário.

Medeiros (2012)²⁹ explica que os produtos que permitem customizações específicas para cada usuário vêm ganhando espaço e destaque nas escolhas dos consumidores:

“Em um mundo marcado pela globalização, mercados comuns, grandes grupos corporativos, produção em massa e uma oferta quase ilimitada de produtos industriais, a individualização é um requisito que ganha cada vez mais importância entre os consumidores. O mercado para produtos que expressem sua personalidade e os seus gostos, que os identifiquem e os tornem únicos por meio da customização, está em franca expansão.” (Medeiros, 2012, p. 3)

Atualmente, mesmo grandes empresas de produção em massa já tentam incorporar alguns desses princípios em seus produtos, aplicando o conceito de customização em massa. A Nike e a Adidas, por exemplo, já oferecem opções onde os consumidores podem customizar seus tênis, inserindo neles suas personalidades e preferências.

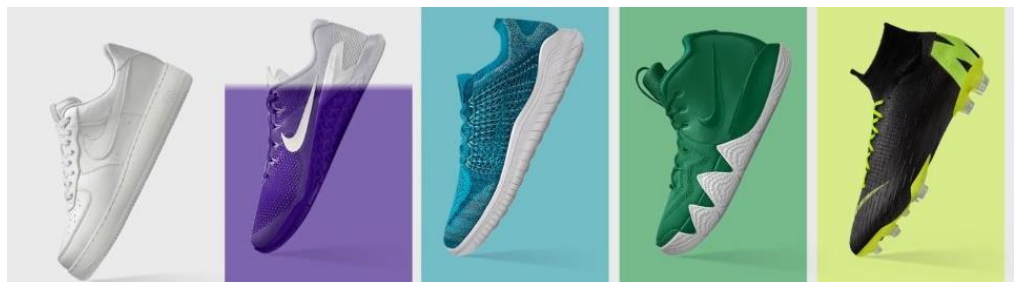


Figura 36 - Customização em massa pela Nike. Fonte: https://www.nike.com/us/en_us/c/nikeid

²⁹ MEDEIROS, Diego Piovesan. **Design de produto e processos de projeto com ênfase na customização pós-produção**. Universidade Federal do Rio Grande do sul, 2012.

Assim, buscando opções de produtos e processos que permitissem o desenvolvimento de versões específicas e adaptadas para cada usuário, os processos de impressão e escaneamento 3D se destacaram como um grande potencial para solucionar o problema.

3.3. Escaneamento e Impressão 3D

Ambas as tecnologias de escaneamento e de impressão 3D estão em rápido desenvolvimento, com novos métodos e aplicações surgindo a cada ano.

Existem variadas maneiras de gerar um modelo 3D virtual a partir de um elemento físico, seja por medições físicas (manuais ou assistidas), escaneamentos 3D por sensores de profundidade, laser, tomografia computadorizada, ou fotogrametria. Existem também diversas variantes e combinações dessas tecnologias, que estão em constante desenvolvimento por cada vez mais fabricantes e pesquisadores.

Para a aplicação proposta, as medições físicas serão desconsideradas porque, além de serem processos mais lentos, eles não funcionariam com precisão na superfície do rosto, que é maleável.

O escaneamento 3D é o processo de analisar uma superfície sem entrar em contato com a mesma, com a finalidade de gerar um modelo 3D virtual³⁰. Os tipos mais comuns são a Tomografia computadorizada e o escaneamento a laser ou infra-vermelho. A tomografia computadorizada também foi descartada para essa aplicação por ser mais cara e complexa do que o necessário. É muito utilizada para exames, por captar informações internas ao corpo humano, mas necessita de aparelhos e treinamento específico.

Os escaneamentos a laser ou infra-vermelho são mais adequados por captar apenas as superfícies externas do corpo. Em comparação, a tecnologia que utiliza laser tem maior custo, por ter melhor definição de detalhes. Para a aplicação proposta, o escaneamento por infra-vermelho acaba sendo mais apropriado não só pelo custo mais baixo, mas também porque o laser emitido pela outra opção de escâner pode ser prejudicial à vista.

³⁰ REDWOOD, Bem; SCHÖFFER, Filemon e GARRET, Brian. **The 3D Printing Handbook – Technologies, design and applications**. Amsterdam: 3D Hubs B. V., 2017

Outra opção para a geração do modelo 3D virtual é a fotogrametria. Este processo consiste em tirar diversas fotos ao redor de um objeto e uní-las em um software especializado. O software utiliza as informações de luz, cor e texturas presentes nas diversas fotos para calcular a distância entre diferentes pontos e, por fim, criar um modelo 3D virtual. O processo pode ser feito utilizando apenas uma câmera, mas é mais eficiente quando realizado em uma cabine com múltiplas câmeras, uma vez que ele não gera resultados satisfatórios se houver movimento entre imagens. Para melhor analisar as tecnologias mais adequadas à proposta, foi desenvolvida uma tabela comparando-as em aspectos relevantes.

Fotogrametria	Escaneamento por infra-vermelho
Resolução boa	Resolução mediana
Resultado geométrico mais adequado	Geometria mais irregular
Não há limitação de tamanho	Há limite de tamanho
Necessita iluminação homogênea	Não requer preocupação com iluminação
Não permite movimentos do objeto ou de elementos no fundo, incluindo variação de luz	Pequenos movimentos do objeto e movimentos no fundo não impedem o escaneamento
Modelo sai em escala aproximada	Modelo sai na escala exata

Tabela 4 - Comparação entre fotogrametria e escaneamento por infra-vermelho. Fonte: elaboração própria com informações retiradas de <https://3dscanexpert.com/beginners-guide-3d-scanning-photogrammetry/>

Ambas as técnicas podem resultar em modelos adequados para o uso no projeto. Após contato do autor com as duas tecnologias, percebeu-se maior facilidade com o processo da fotogrametria. Por esse motivo e por ser uma tecnologia de mais fácil acesso, quando realizada com uma câmera única, esse foi o processo adotado para a conclusão deste projeto, juntamente com a versão de estudante do software Autodesk ReCap Photo.

Impressão 3D é o termo geral que se refere a técnicas de manufatura aditiva. Manufatura aditiva pode ser definida como um processo de fabricação onde se cria um objeto através da adição de material camada a camada³¹. Por não necessitar de ferramentaria específica e de alto custo (como na manufatura formativa), acaba sendo um processo pro-

³¹ REDWOOD, Ben, SCHÖFFER, Filemon e GARRET, Brian. **The 3D Printing Handbook**. 3D Hubs B.V. Amsterdam, 2017

pício para produções customizadas, e por sua natureza aditiva, tem um reduzido desperdício de material se comparado à manufatura subtrativa. As tecnologias de impressão 3D estão em expansão em diversos mercados, alcançando avanços frequentes nas suas capacidades. Para esse trabalho, foram analisados os principais processos de impressão 3d para produção em polímeros termoplásticos e termofixos.

O processo mais acessível e versátil é o FFF (fused filament fabrication), também conhecido como FDM (fused deposition modelling). Esse processo consiste no depósito de filamento através de uma cabeça extrusora que se movimenta construindo a forma camada a camada. O filamento pode ser dos mais diversos materiais alcançando uma grande versatilidade de características. Os materiais mais comuns são ABS, PLA e PETG, mas há também opções flexíveis, opções com resistência UV e opções com resistência química (TPU, ASA e PEI são alguns desses materiais)³¹. As impressoras 3D para FDM também variam desde versões industriais até aos D.I.Y., com grande variedade de custos, capacidades de materiais e confiabilidade da produção. A Figura 37 demonstra o esquema de funcionamento da tecnologia FDM.

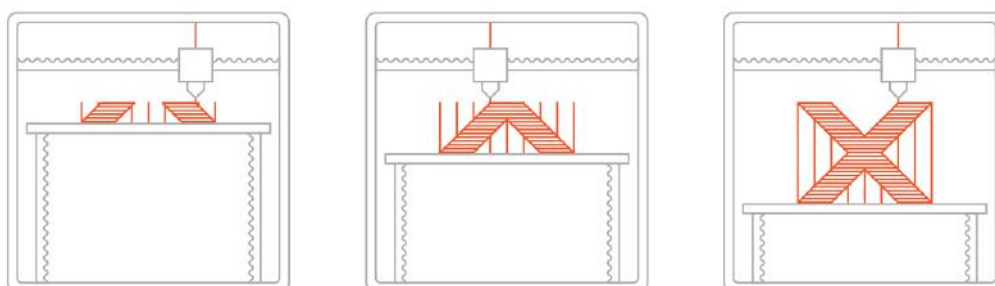


Figura 37 - Funcionamento de Impressão 3D por FDM. Fonte: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing>

O primeiro processo de impressão 3d foi o SLA (stereolithography), que é um processo onde um laser UV cura ponto a ponto uma resina fotossensível no fundo de um tanque. Essa camada curada fica em contato com uma plataforma que se move verticalmente, ao final da cura de cada camada, até formar o objeto. Nesse mesmo processo existe a tecnologia DLP (direct light processing), que varia a fonte de luz para a cura da resina. Nesse caso, ao invés de um laser, é utilizado um projetor que cura toda a camada toda simultaneamente, ao invés de ponto a ponto. Os materiais variam da resina padrão às opções biocompatíveis, com resistência térmica ou propícias para serem derretidas em

processos de fundição³². As impressoras variam desde as indústrias às versões de mesa, sendo a principal diferença o tamanho das áreas de impressão. A Figura 38, demonstra o esquema de funcionamento da impressão por SLA.

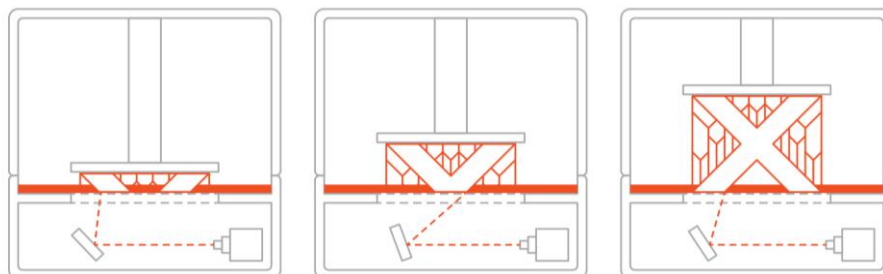


Figura 38 - Funcionamento de Impressão 3D por SLA. Fonte: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sla-3d-printing>

A impressão por SLS (selective laser sintering) é o processo de produção utilizando polímero em pó. O pó cobre toda a plataforma de impressão, um laser aquece e sinteriza ponto a ponto, até completar a camada. Completando a camada a mesa desce e uma nova camada de pó é espalhada por cima, repetindo o processo até o fim do objeto. Para esse processo as opções de materiais são mais limitadas trabalhando em geral com nylon e com adições de alumínio, vidro, carbono e grafite ao nylon, para variar as características da peça⁸. As impressoras são predominantemente industriais, começando no decorrer desse ano a surgir as primeiras versões de mesa dessa tecnologia. A Figura 39, demonstra o esquema de funcionamento da impressão por SLS.

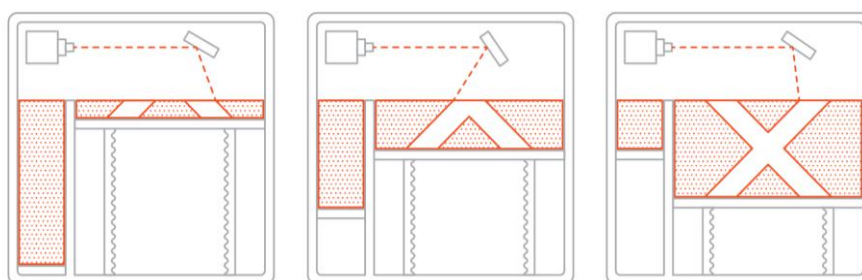


Figura 39 – Funcionamento de impressão 3D por SLS. Fonte: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sls-3d-printing>

Material Jetting (ou Polyjet) é um processo que se assemelha ao processo padrão de impressão Inkjet. A impressora conta com cabeças de impressão dispostas em linha que depositam precisamente gotas de resina termofixa em cada ponto. Essa resina é curada

³² REDWOOD, Ben, SCHÖFFER, Filemon e GARRET, Brian. **The 3D Printing Handbook**. 3D Hubs B.V. Amsterdam, 2017

simultaneamente, através da luz UV que acompanha as cabeças de impressão. Uma vez completa a camada, a bancada de impressão desce e o processo se repete até o final da peça. As opções de material variam entre a resina padrão, flexível, resistente a altas temperaturas, biocompatível e resina propícia para ser derretida em processos de fundição³³. Devido a natureza do processo, é possível misturar esses materiais, resultando em peças com as mais diversas características. As impressoras são exclusivamente industriais, variando principalmente na capacidade dos materiais que podem ser usados ao mesmo tempo.

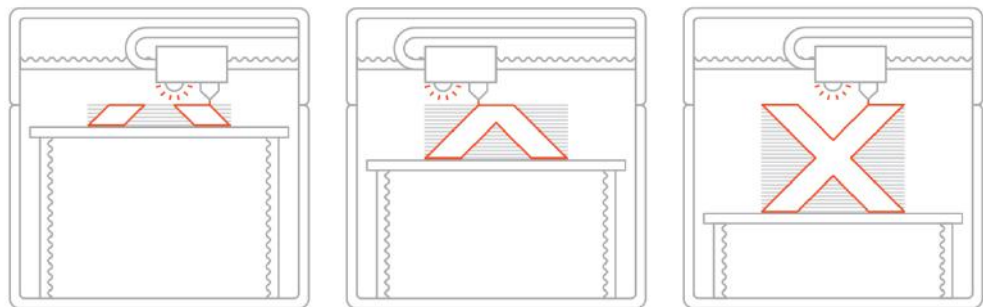


Figura 40 - Funcionamento de Impressão 3D por Material Jetting. Fonte: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing>

3.4. Definição da proposta

A partir dos resultados das alternativas e modelos desenvolvidos, decidiu-se por seguir a alternativa de criar um respirador que possa ser fabricado e customizado especificamente para cada usuário, através de escaneamento e impressão 3D.

Dessa forma, o escaneamento do rosto do usuário poderia ser realizado por ele mesmo ou por empresa especializada, gerando um Modelo 3D fiel ao formato de seu rosto. A partir do recebimento desse modelo 3D, os modelos de máscara já existentes seriam adaptados para o formato específico do rosto, através de softwares especializados ou parametrização. Esse modelo adaptado poderia ainda ser customizado pelo consumidor, através da escolha de cores, materiais, padrões de furação, etc. Atualmente já existe tecnologia disponível para implementação desse conceito, mas possivelmente

³³ REDWOOD, Ben, SCHÖFFER, Filemon e GARRET, Brian. The 3D Printing Handbook. 3D Hubs B.V. Amsterdam, 2017

ele vai se tornar ainda mais viável dentro de poucos anos, tendo em vista que as tecnologias de impressão 3D estão avançando e seu custo reduzindo rapidamente.

No cenário atual, o desenvolvimento de produtos customizados através de escaneamento ou impressão 3D já é utilizado na área médica para a produção de guias cirúrgicas ou odontológicas específicas para cada paciente, para o desenvolvimento de aparelhos auditivos específicos, para o desenvolvimento de modelos de planejamento cirúrgico ou de modelos educacionais. Gradativamente, esses processos já começam a ser incorporados em outras indústrias e aplicações.

A startup True Gault possui um projeto onde utiliza o modelo 3D dos pés do consumidor – escaneado pelo mesmo, através de um aplicativo específico – para adequar suas linhas de sapatos já existentes. A Adidas, em parceria com a Materialise, já produz entressolas de calçados que são adequadas aos pés de cada atleta, através do processo de escaneamento e impressão 3D. A Nike também já anunciou que pretende desenvolver projetos utilizando impressão 3D para a adequação de calçados.



Figura 41 - Entressola impressa em 3D pela Adidas. Fonte: <https://www.carbon3d.com/stories/adidas/>

As empresas Formlabs e 3Shape desenvolveram, em parceria, fones de ouvido intra auriculares que são customizados para a estrutura do ouvido de cada usuário. A empresa Osskin, em parceria com a empresa Caboma, desenvolveu um projeto de órtese para

joelhos desenvolvidos através de escaneamento e impressão 3D. A empresa Endeer possui um projeto que utiliza escaneamento 3D para criar soutiens customizados, através da impressão 3D de armações específicas para cada usuária.



Figura 42 – Fones intra auriculares desenvolvidos pela Formlabs e 3Shape. Fonte: <https://formlabs.com/industries/audiology/>

Esses projetos demonstram o potencial desses processos de se adequarem não só às diferenças entre cada usuário, mas também às possíveis assimetrias de um mesmo corpo, tendo em vista que as medidas de uma mesma pessoa podem variar entre um pé e outro, ou um seio e outro, etc.

A Materialise, a Caboma e a 3Shape são exemplos de empresas que já desenvolvem softwares específicos para a customização de modelos 3D através de dados obtidos a partir de escaneamento 3D, e que viabilizam a realização de projetos desse tipo.

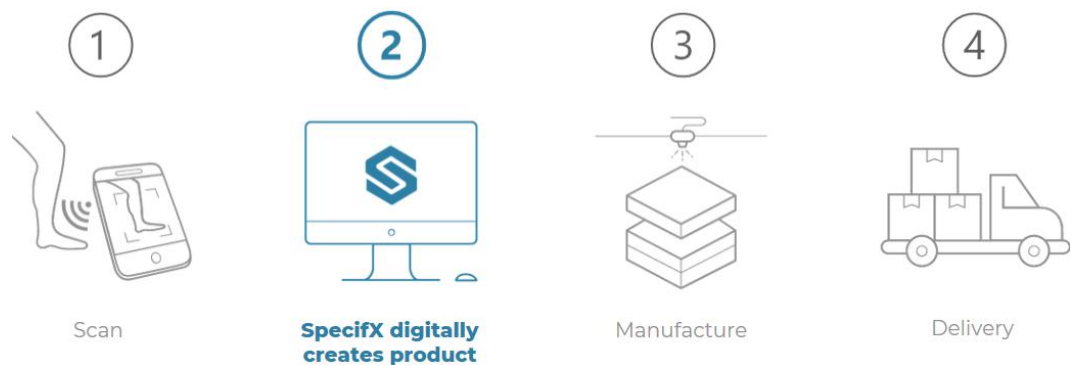


Figura 43 - Exemplo de processo viabilizado pela Caboma. Fonte: www.caboma.com

3.5. Refinamento

Para melhor definir o produto e a proposta, o processo de refinamento foi desenvolvido através de modelagens 3D realizadas com base em modelos gerados a partir de escaneamentos 3D.

3.5.1. Escaneamentos 3D

Ao longo do processo de refinamento foram realizados 3 escaneamentos 3D, através da técnica de fotogrametria. O primeiro escaneamento 3D foi realizado em torno do rosto do autor deste trabalho, conforme demonstra a Figura 44. Os demais escaneamentos foram desenvolvidos em torno de cabeças de manequim, uma feminina e uma masculina, para que pudessem ser utilizadas para apresentação do trabalho.



Figura 43 - Processos de fotogrametria. Fonte: acervo do autor

Para a realização dos escaneamentos foram tiradas cerca de 80 fotografias de diversos ângulos para cada cabeça. Posteriormente, o Software Autodesk ReCap Photo foi utilizado para gerar os modelos 3D através das fotos fornecidas.

O resultado do primeiro escaneamento apresentou uma falha na parte posterior da cabeça. Ocorrendo devido a dificuldade com leitura de cabelo, mas pode ser resolvido com uso de touca. Esse erro, no entanto, não comprometeu a utilização do modelo, já que as áreas relevantes não foram afetadas. A Figura 45 demonstra uma das fotos utilizadas e o resultado do primeiro escaneamento 3D realizado.



Figura 44 – Resultado do primeiro escaneamento 3D. Fonte: acervo do autor

Para o escaneamento das duas cabeças de manequim, utilizou-se a técnica de criar elementos mais identificáveis em grandes áreas lisas de mesmo material. Isso foi feito com a colagem de fitas e o desenho de diferentes padrões, que pudessem ser identificados pelo Software como pontos comuns entre as fotos. O resultado dos demais escaneamentos foi positivo e os modelos gerados foram utilizados como referência para o desenvolvimento do produto.

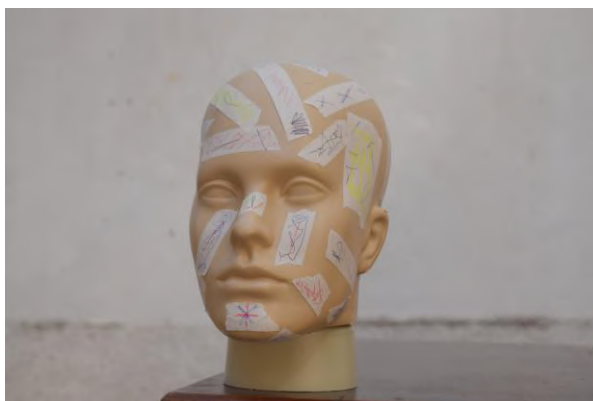


Figura 45 – Resultado do segundo escaneamento 3D. Fonte: acervo do autor



Figura 46 – Resultado do segundo escaneamento 3D. Fonte: acervo do autor

3.5.2. Refinamento geral da forma

Para o refinamento geral da forma, foram desenvolvidos modelos 3D para testar o conceito. Optou-se por seguir um formato mais próximo ao rosto, que chamasse menos atenção para a máscara. A Figura 48 demonstra o refinamento dos modelos 3D

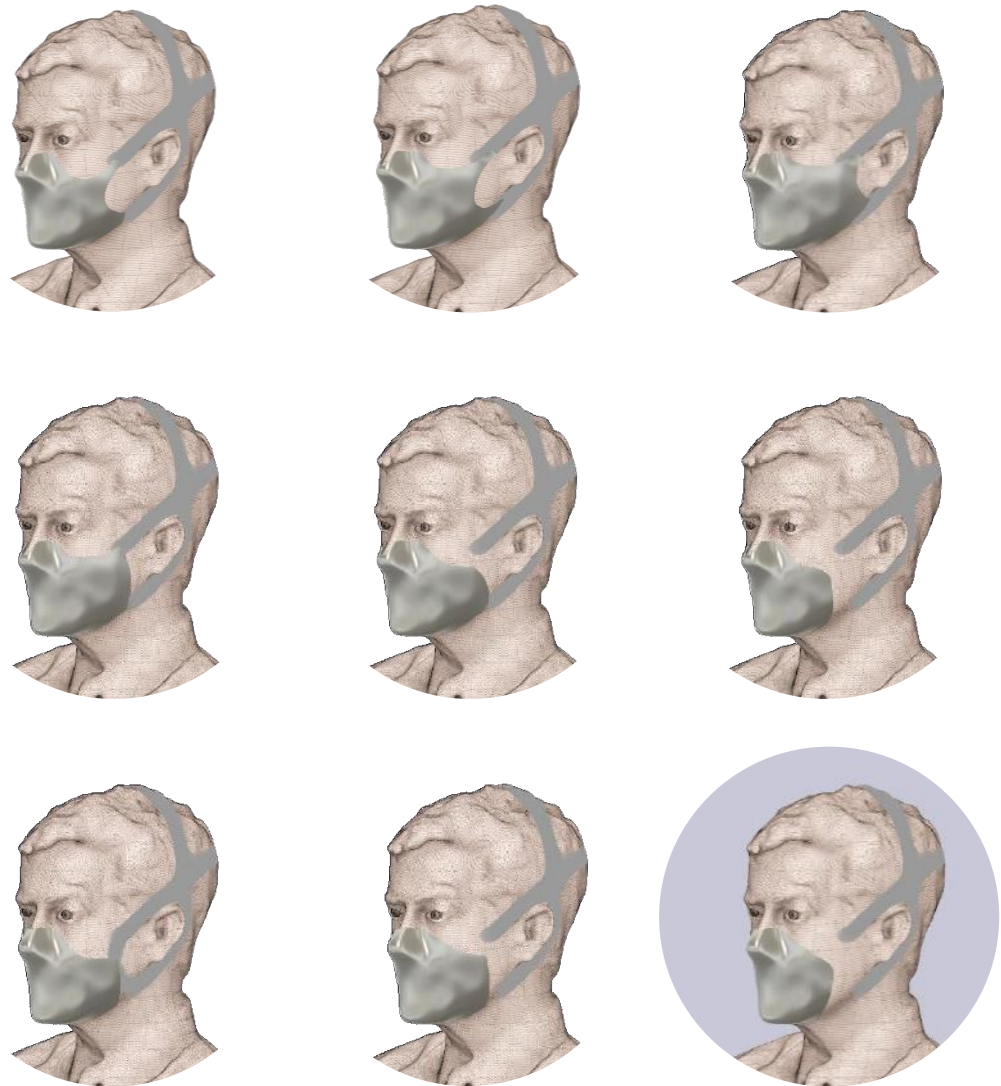


Figura 47 – Refinamento geral do contorno. Fonte: elaboração própria

Após os testes iniciais para refinar o contorno geral da máscara, houve o refinamento das tiras e elementos de fixação. Como testado anteriormente, optou-se por incorporar a ideia dos ganchos que são presos às alças das tiras, com o objetivo de facilitar a retirada do respirador. A partir dos resultados dos testes dos mock-ups, percebeu-se que seria necessário fixar a máscara em dois pontos de cada lado, para garantir estabilidade

e vedação à mesma. Optou-se pela opção de unir toda a tira de fixação como um elemento único – ao invés de manter duas tiras individuais, como as máscaras convencionais – para facilitar sua colocação e retirada. A Figura 49 demonstra parte do refinamento dessa alternativa. Os ganchos para a fixação das tiras foram desenvolvidos com os parâmetros mínimos dos processos de impressão e incorporam arredondamentos por questões visuais e de resistência. Os ganchos serão impressos junto com a máscara para aumentar a resistência.

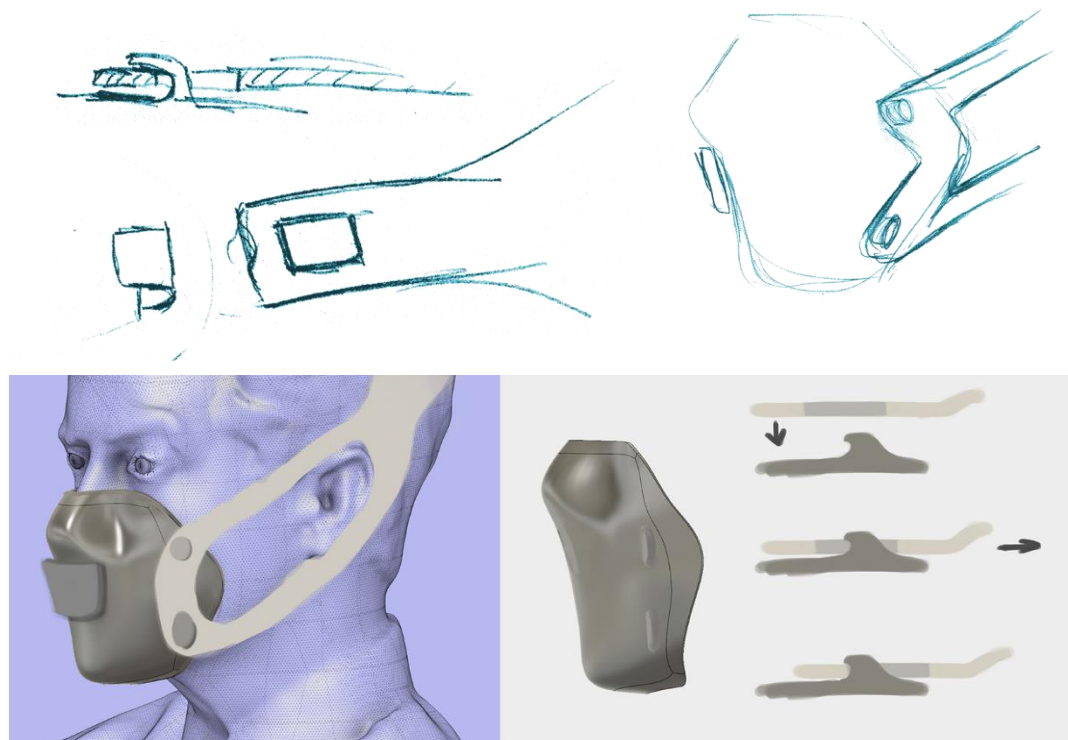


Figura 48 – Refinamento das alças. Fonte: elaboração própria

No processo de refinamento das tiras também optou-se por não manter elásticos por trás das orelhas, já que essa opção causou incômodo em alguns usuários. Optou-se também por incorporar uma abertura na tira, para evitar que a mesma escorregasse em determinados formatos de cabeça. Também houve a preocupação em não deixar as tiras muito finas, para evitar desconforto e aumento da pressão.

No prosseguimento do refinamento do produto, optou-se por fazer uma máscara com o corpo todo flexível. Nessa opção, o filtro ocuparia todo o interior do corpo, que teria aberturas para a passagem do ar e para auxiliar na flexibilidade do mesmo.

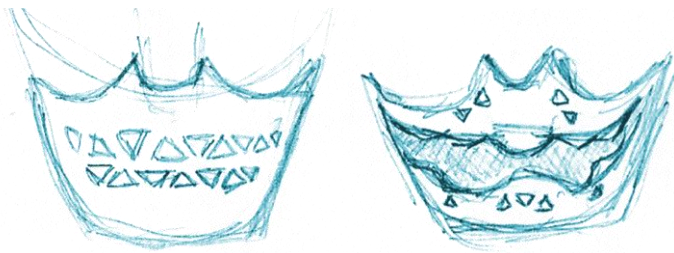


Figura 49 – Opção de aberturas para a máscara flexível. Fonte: elaboração própria

Nessa opção, as bortas seriam uma continuação da máscara e se finalizariam em uma forma de gancho, para servir de acolchoamento e para segurar o filtro interno, conforme ilustrado na Figura 51.

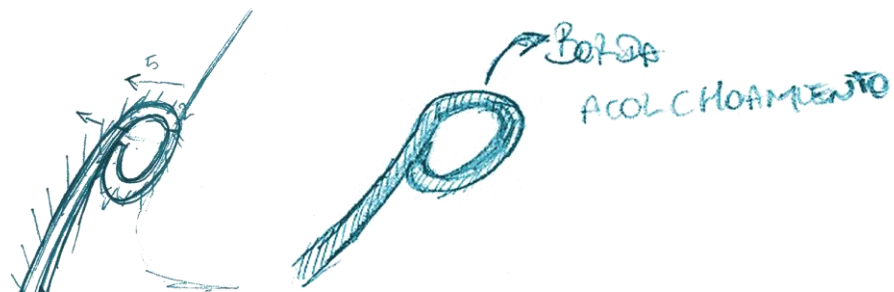


Figura 50 – Opção de borda em forma de gancho. Fonte: elaboração própria

Nesse caso, a válvula estaria acomodada em peças rígidas produzidas separadamente. Essas peças seriam encaixadas uma na outra, prensando a parte central filtro contra a máscara, conforme demonstra a Figura 52.

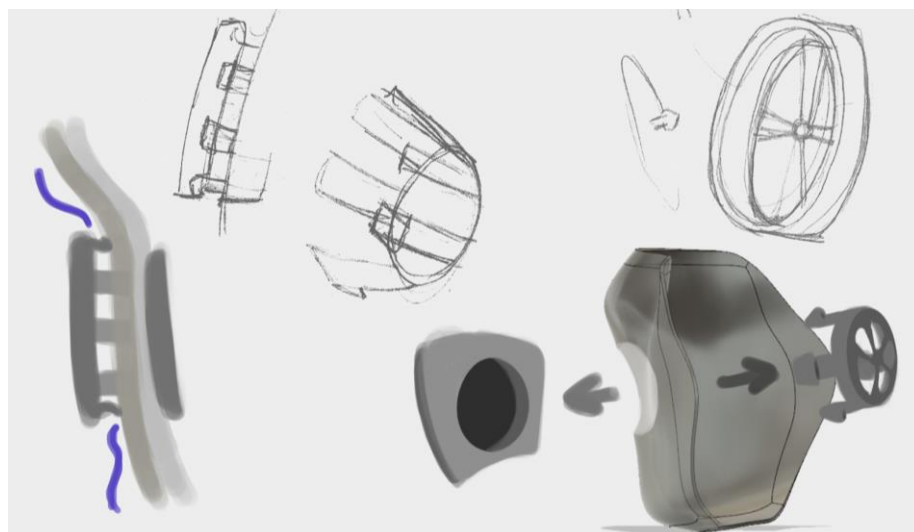


Figura 51 – Opção de borda em forma de gancho. Fonte: elaboração própria

Durante o processo de refinamento, observou-se que o corpo da máscara não poderia ser todo flexível, porque determinados movimentos do usuário poderiam abrir espaço entre os componentes da máscara, comprometendo sua vedação.

Por esse motivo, optou-se por prosseguir o refinamento projetando um respirador de corpo rígido. No entanto, para evitar desconforto, facilitar a vedação e minimizar o problema da pressão nas bochechas do usuário, optou-se por manter o material flexível nas bordas do respirador, seguindo com a estratégia de utilizar as bordas para prender o filtro. Assim, a borda da máscara passa a ser formada por uma peça distinta, produzida em material diferente. A Figura 53 demonstra parte do processo de refinamento do encaixe da borda, demonstrando perfis que poderiam incorporar a fixação do filtro neste encaixe ou, se prender de forma independente na máscara, acomodando o filtro de outra maneira.

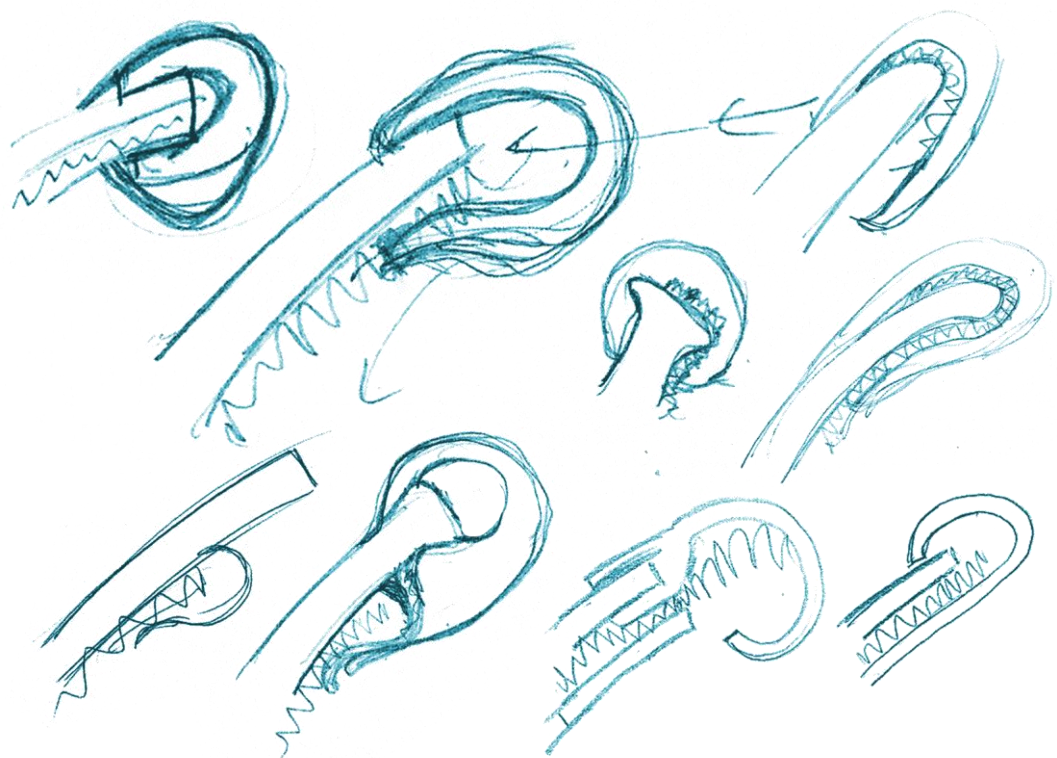


Figura 52 - Estudo dos perfis da borda. Fonte: elaboração própria

Durante o processo de refinamento, percebeu-se que a opção do filtro ocupando toda a superfície interior da máscara poderia ser incompatível com o conceito seguido, já que cada filtro precisaria ter tamanhos e formatos diferentes. Sendo assim, cada vez que o

usuário precisasse trocar o filtro, ele precisaria de uma reposição específica. Por esse motivo, buscou-se soluções para implementar tamanhos padronizados de filtro, mesmo nas máscaras de diferentes tamanhos e formatos. A Figura 54 demonstra parte desse processo de refinamento. Gradativamente, o tamanho do filtro foi sendo reduzido para diminuir a complexidade da peça de fixação do mesmo.

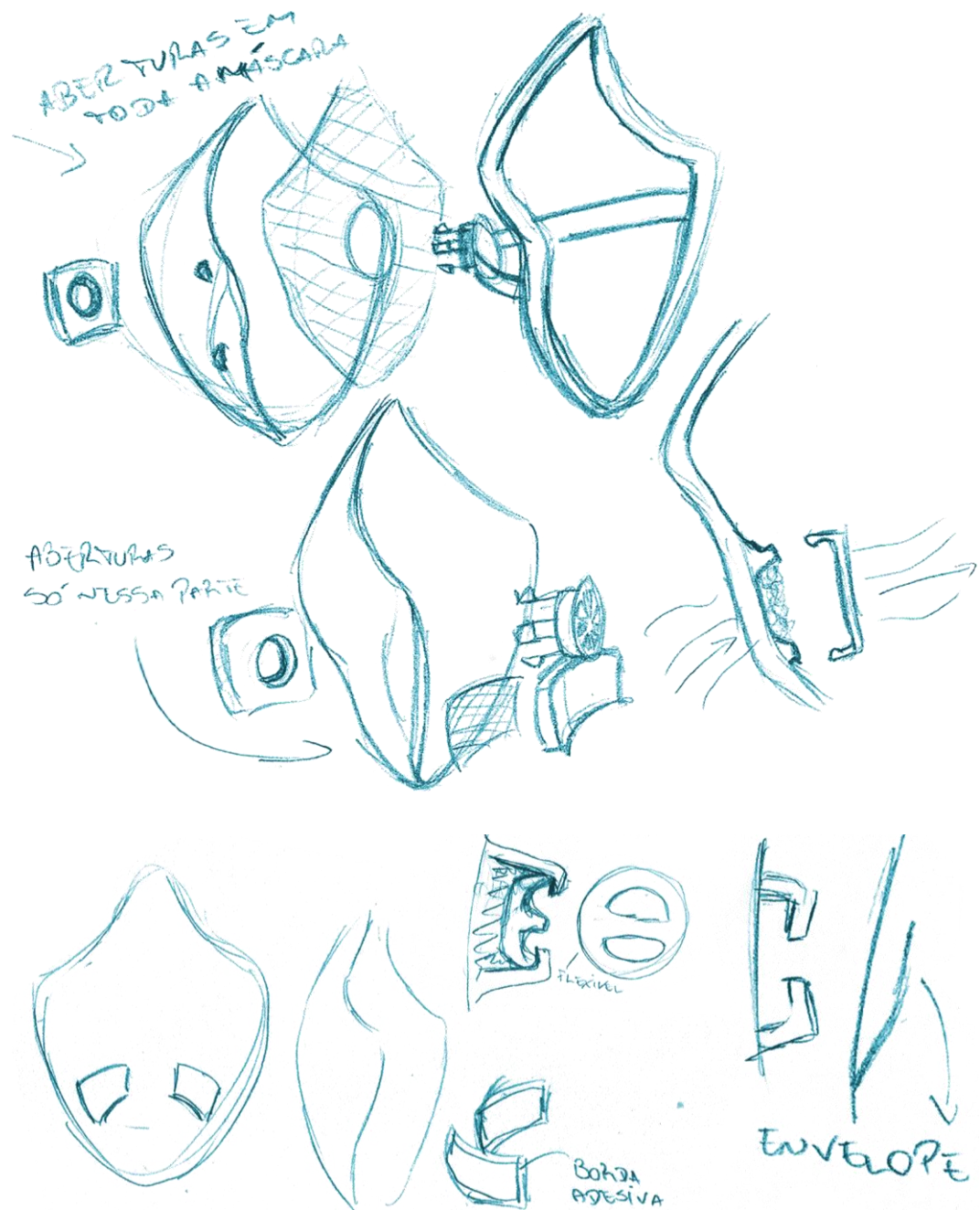


Figura 53 – Refinamento da fixação do filtro. Fonte: elaboração própria

Ao final do processo de refinamento, optou-se por ter os filtros em locais específicos e pré-determinados, mantendo um filtro de tamanho único para todas as máscaras. A fixação dos filtros foi definida por um elemento agregado ao corpo principal da máscara, evitando a produção de peças adicionais. Esse elemento é preso por apenas um de seus lados, possibilitando que ele flexione e permita a troca de filtros. Com essa mudança, o corpo da máscara só deveria ter aberturas nas áreas específicas dos filtros, para evitar a entrada de ar não filtrado.

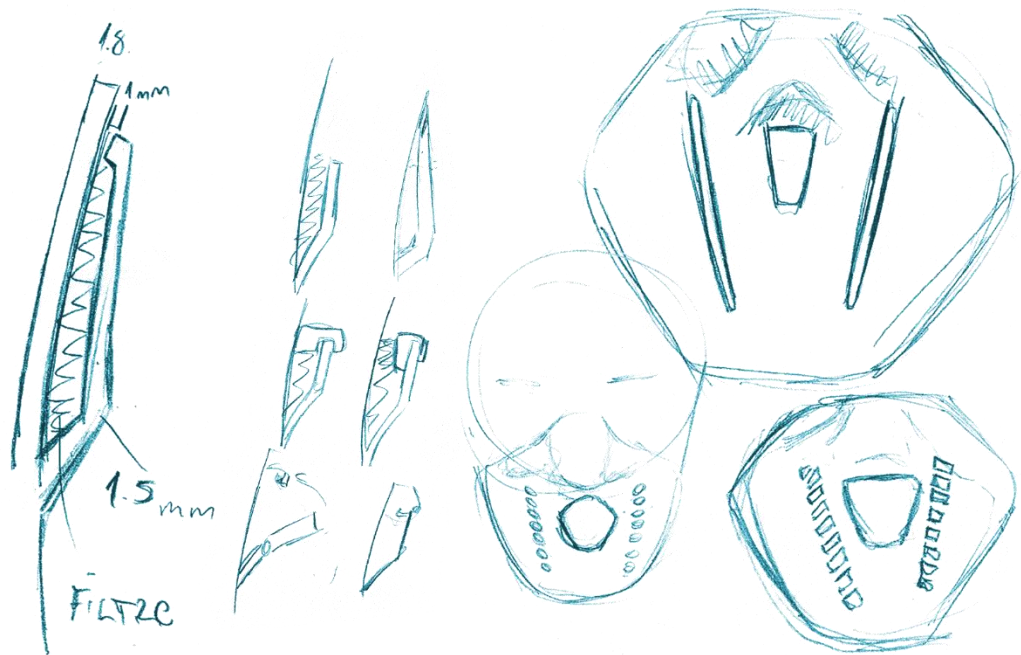


Figura 54 – Fixação dos filtros. Fonte: elaboração própria

Com a mudança de formato do filtro, a borda flexível não terá mais a função de fixação do filtro e deverá ser encaixada apenas no corpo da máscara. Optou-se por incorporar travas nas extremidades do corpo da máscara, para facilitar a fixação das bordas. A Figura 56 demonstra parte do refinamento das bordas e das travas.

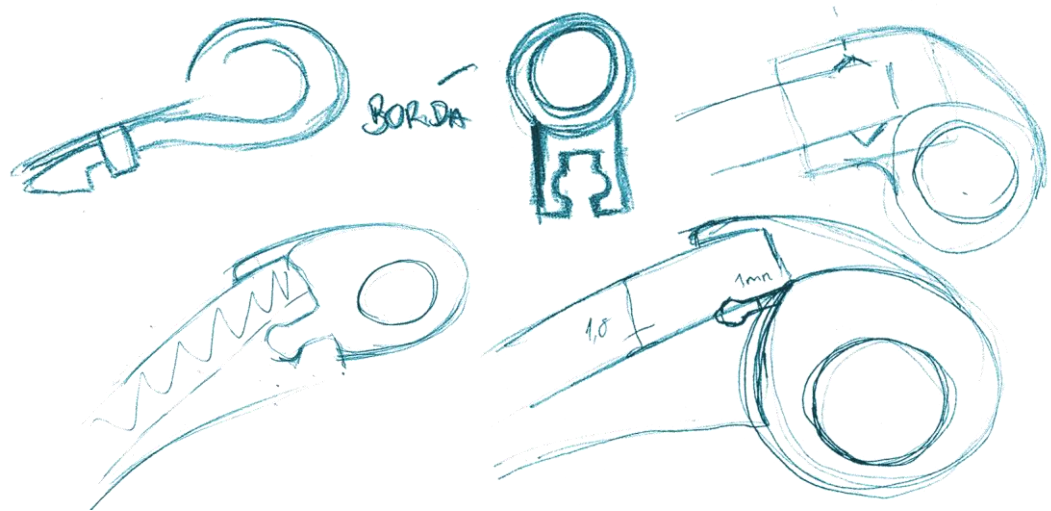


Figura 55 – Refinamento das bordas e travas. Fonte: elaboração própria

A válvula também passou por um novo processo de refinamento, já que ela não precisaria mais assumir a função de fixação do filtro. Optou-se por incorporar o suporte da válvula ao corpo da máscara e incluir uma tampa de acesso. Considerou-se a ideia de essa tampa ficar na parte interna da máscara. Essa opção foi descartada porque, dessa forma, a válvula estaria exposta a força contrária do vento, o que poderia dificultar a saída de ar da máscara. Decidiu-se posicionar a tampa pelo exterior da máscara, de modo que o ar saísse por aberturas laterais.

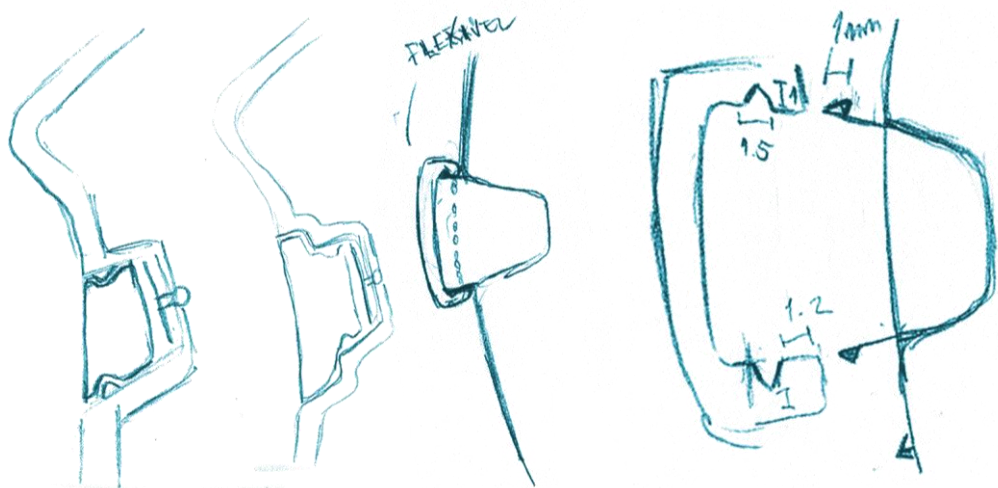


Figura 56 – Refinamento da tampa da válvula. Fonte: elaboração própria

Ao final deste processo, houve um refinamento dos modelos 3D, para possibilitar a visualização do produto como um todo, conforme demonstra a Figura 58.



Figura 57 – Refinamento do respirador. Fonte: elaboração própria

Foi definido que, além das cores e materiais, a personalização da máscara poderia ser feita através do formato da tampa da válvula e dos padrões de aberturas para a passagem de ar.

Inicialmente, os padrões de furos ocupavam apenas as áreas de posicionamento dos filtros, criando um padrão retangular indesejado, conforme mostra a Figura 58. Para solucionar esse problema, optou-se por estender os padrões por toda a área da máscara, sendo ele apenas um rebaixo nas áreas sem filtro e, criando perfuração apenas nas áreas com filtros.

Em seguida, foram desenvolvidos estudos para explorar alternativas de forma para a tampa da válvula e de padronagem para as aberturas da máscara. A Figura 59 apresenta algumas das opções geradas nesse processo.

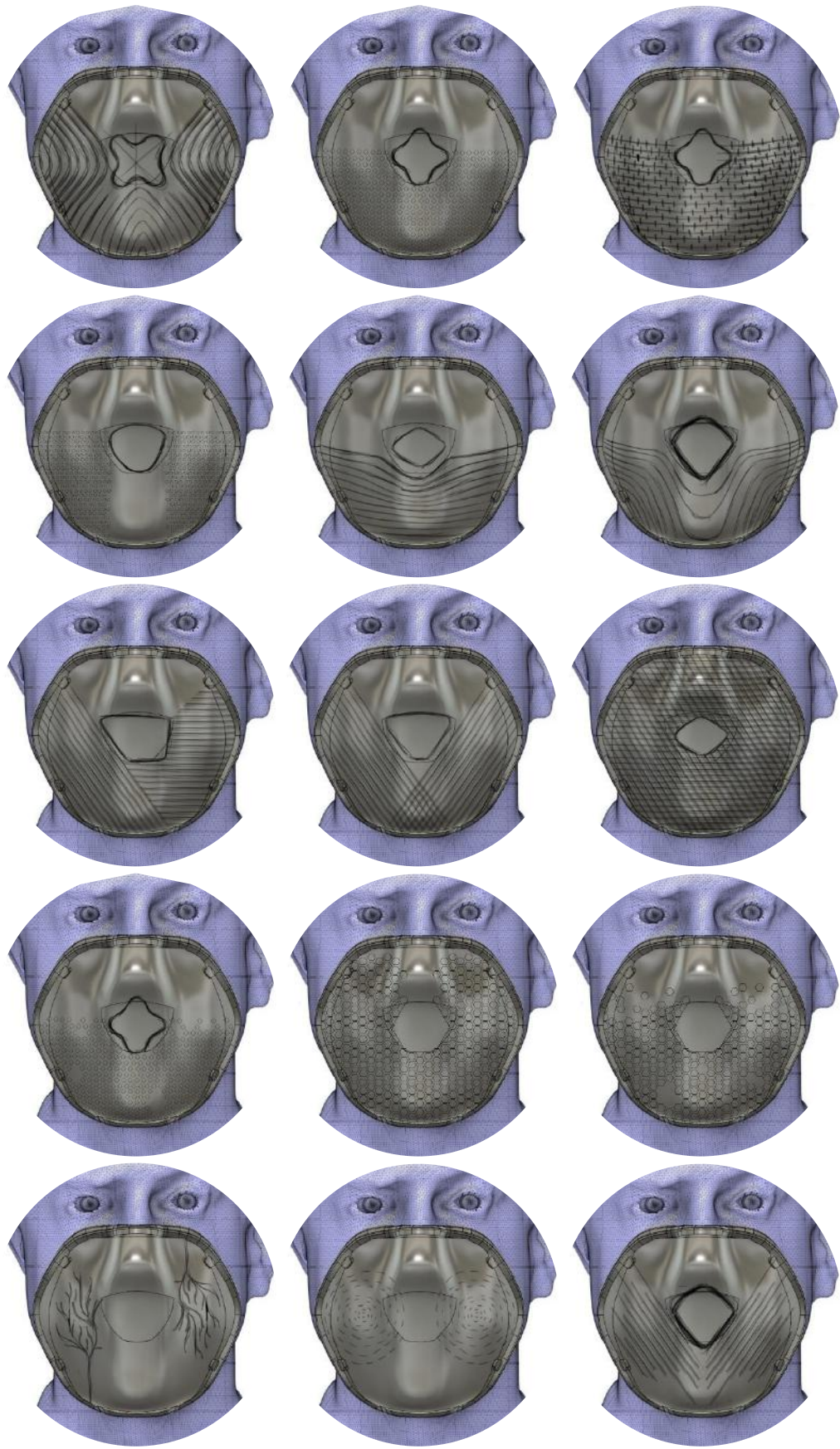


Figura 58 – Opções de personalização. Fonte: elaboração própria

4. DETALHAMENTO TÉCNICO

4.1. Apresentação geral do produto

O produto final é um respirador que pode ser ajustado e customizado através de escaneamento e impressão 3D. As Figuras 60 a 62 demonstram uma opção do produto finalizado.

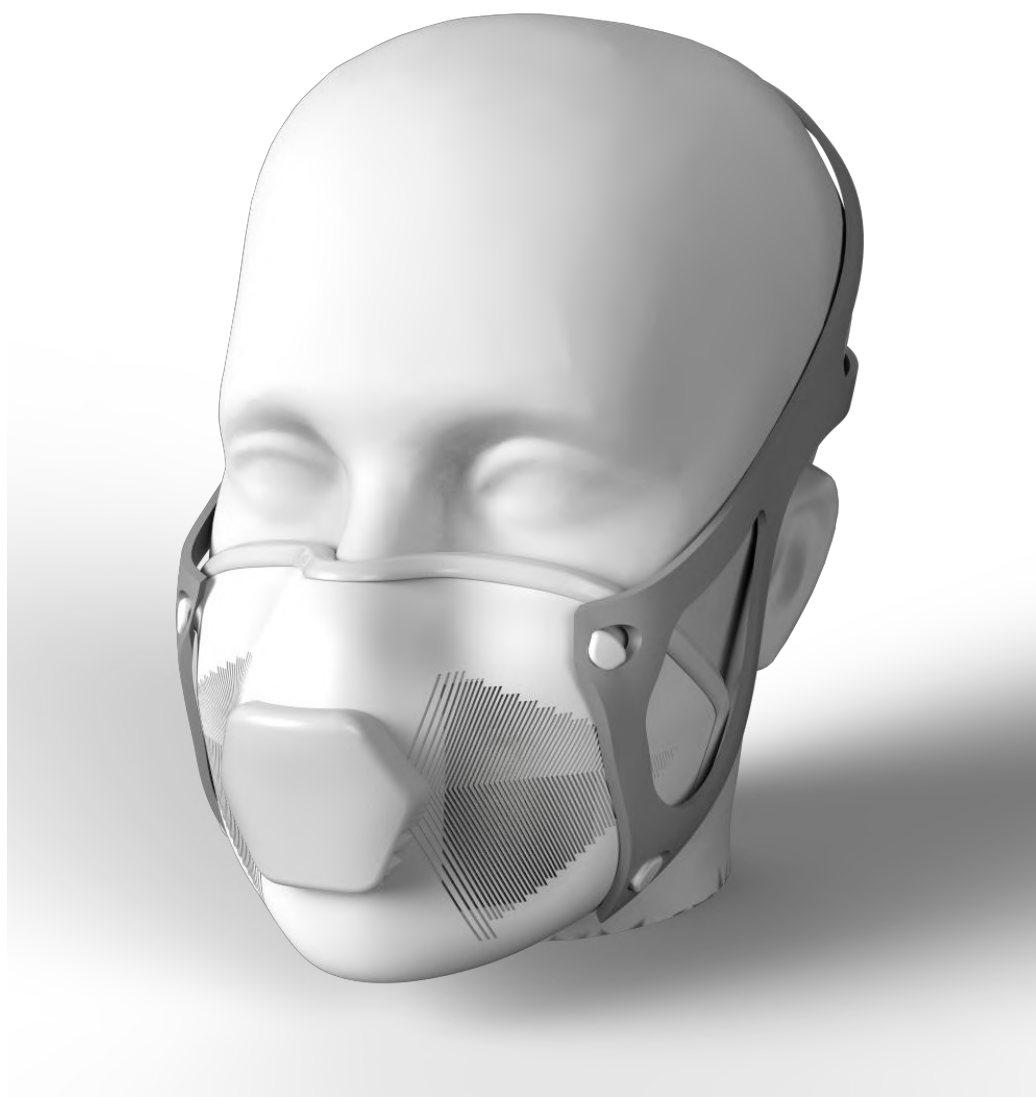


Figura 59 - Respirador. Fonte: elaboração própria



Figura 60 – Respirador. Fonte: elaboração própria

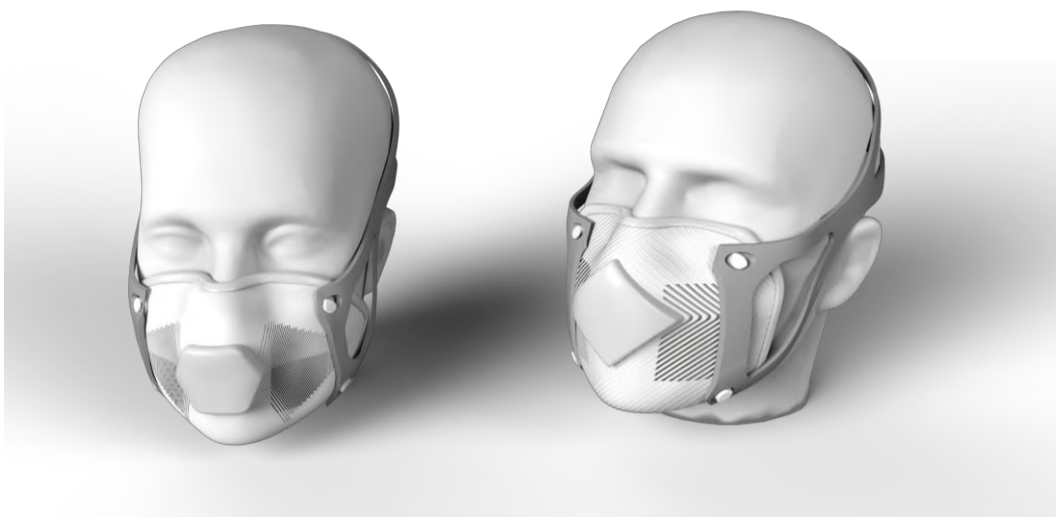


Figura 61 – Respiradores adaptados para diferentes rostos. Fonte: elaboração própria

Conforme demonstrado na Figura 62, o produto pode ser ajustado para se adequar da melhor maneira possível aos diferentes tamanhos e formatos de rosto. Além disso, o consumidor pode customizar partes da máscara de acordo com suas preferências, incluindo parte de sua identidade no produto.

O respirador é composto por corpo principal, borda flexível, tira de fixação, válvula e tampa para a válvula. Esses componentes foram ilustrados e identificados na Figura 63.

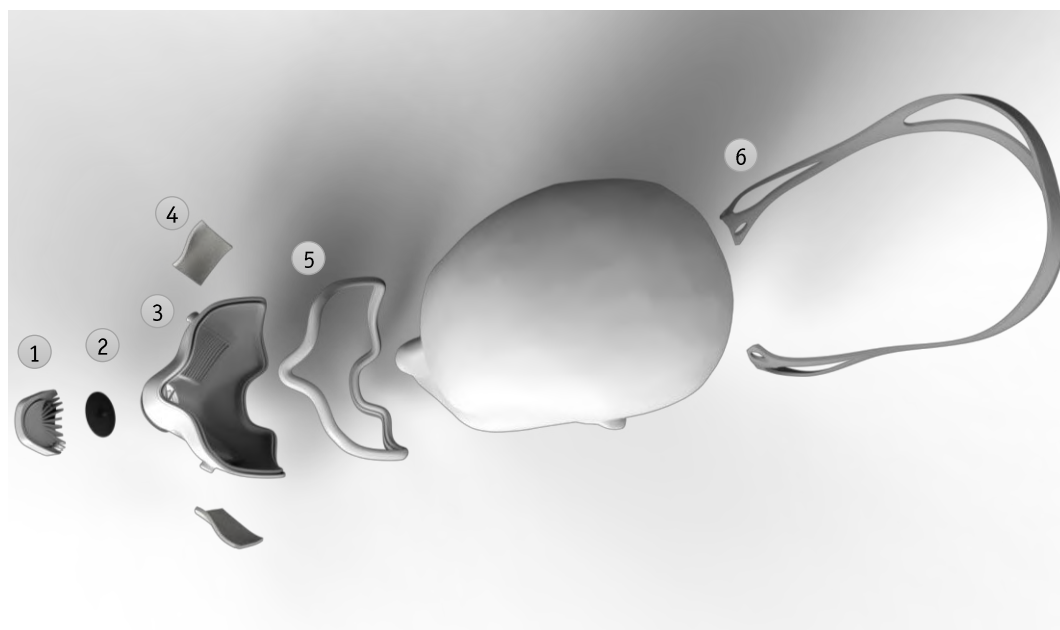


Figura 62 – Componentes do respirador. Fonte: elaboração própria

Legenda:

- 1 – Tampa da válvula
- 2 – Válvula
- 3 – Corpo da máscara
- 4 – Filtro
- 5 – Borda flexível
- 6 – Tiras de fixação

O corpo da máscara possui uma forma e identidade de base que são adaptadas para que se acomodem a cada usuário. O corpo da máscara é fabricado em material rígido em um dos processos de impressão 3D que podem ser escolhidos pelo usuário, conforme será discutido no item 4.3.1.

O formato do corpo da máscara incorpora dois elementos internos para fixação dos filtros e um elemento de fixação da válvula, conforme demonstra a Figura 65. Esses elementos possuem medidas estáticas, porque precisam acomodar componentes comerciais, com tamanhos padronizados. Na parte externa do corpo da máscara, existem 4 ganchos para fixação das tiras que também possuem medidas estáticas. Esses elementos podem ser visualizados na Figura 64, e possuem medidas padronizadas com fins de facilitação da produção. Sendo assim, quando a máscara é customizada e adaptada para cada usuário, a posição desses elementos pode ser alterada, mas suas medidas e formato se manterão sempre os mesmos.

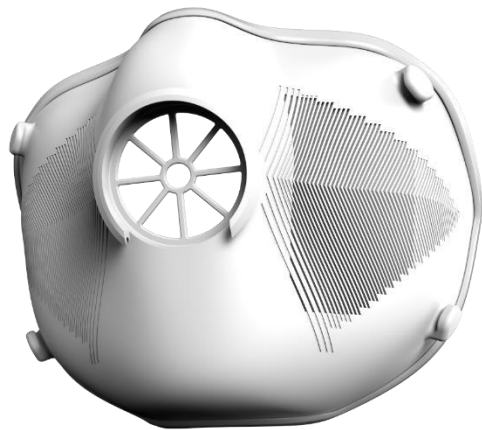


Figura 63 - Exterior do corpo do respirador. Fonte: elaboração própria

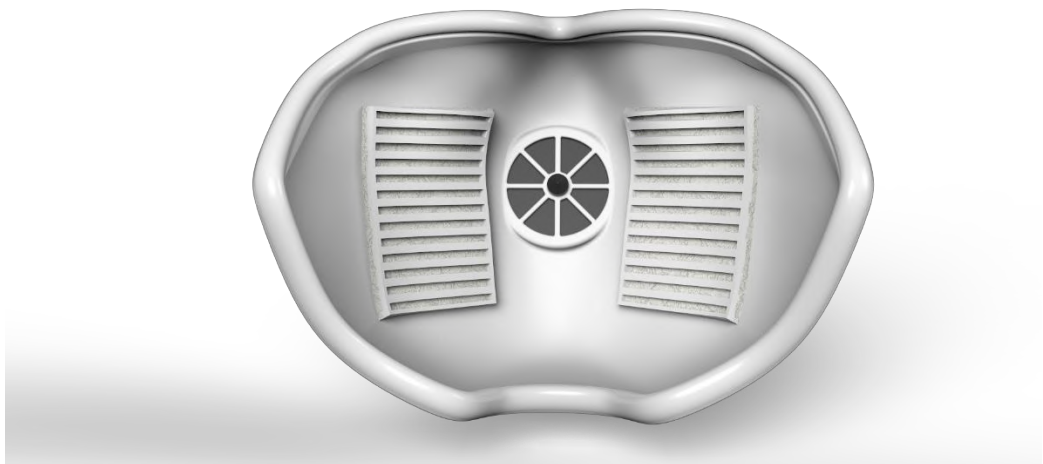


Figura 64 - Elementos internos do respirador. Fonte: elaboração própria

O suporte do filtro foi projetado para ser o mais próximo possível da máscara, de modo que pressione o filtro no local e garanta que o ar não deixe de passar pelo filtro. Conforme demonstrado pela Figura 64, o corpo da máscara possui furos que permitem a entrada de ar nas áreas de posicionamento do filtro, e rebaiços que permitem a criação de padrões personalizados.

A borda flexível foi incorporada ao respirador com o objetivo de aumentar o conforto e facilitar a vedação. Parte de seu interior é oco, para aumentar a deformação e acomodação da peça. A borda flexível possui o mesmo perfil de encaixe ao longo de toda a borda e se molda conforme o formato definido pelo corpo da máscara. A Figura 66 demonstra cortes no produto que exibem detalhes da construção e encaixe da borda flexível.

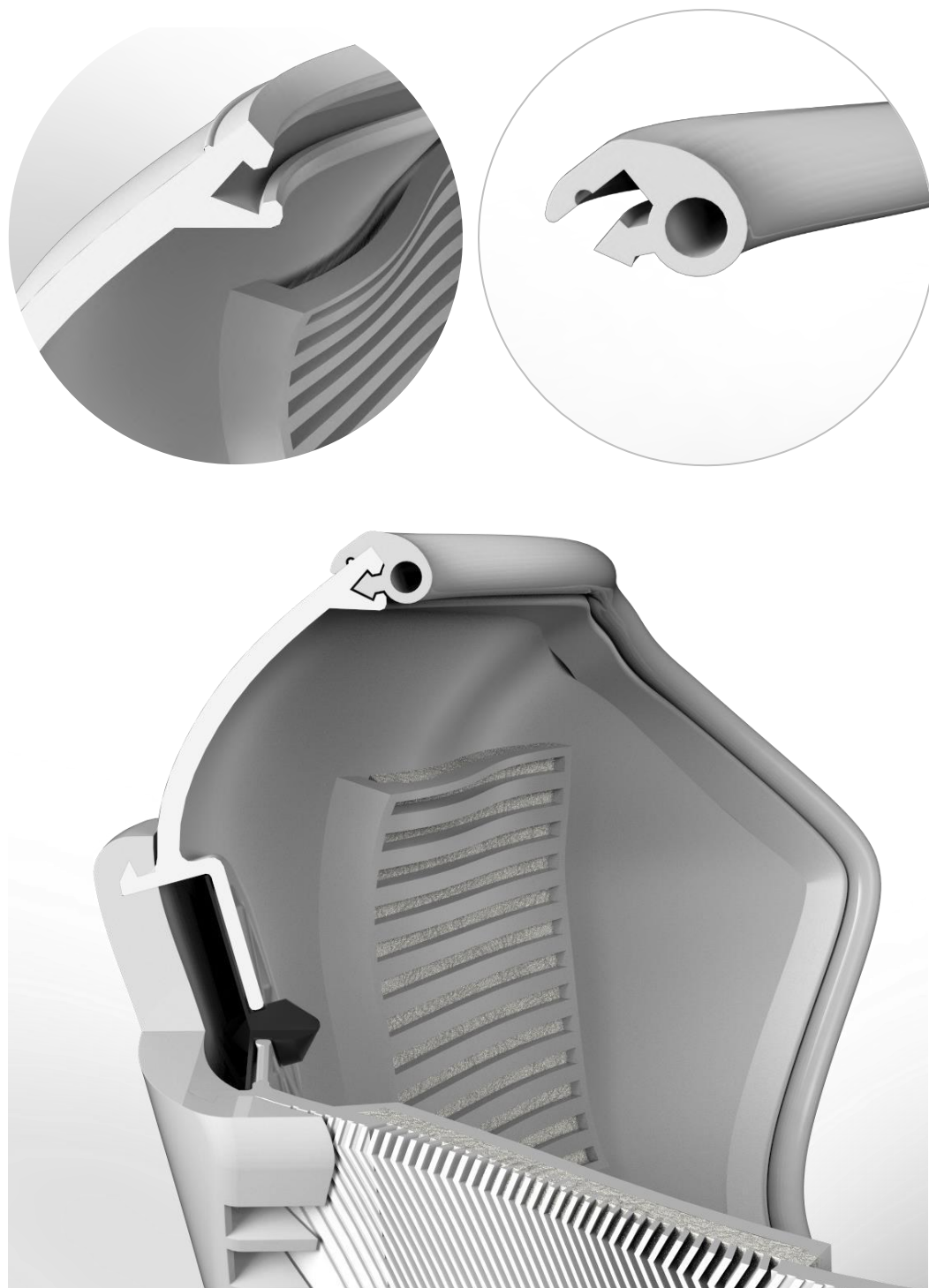


Figura 65 – Detalhes do encaixe da borda flexível. Fonte: elaboração própria

A válvula utilizada no respirador é uma válvula comercial de 30mm de diâmetro. A válvula se encaixa no suporte do corpo da máscara e é protegida por uma tampa em material flexível, conforme demonstrado na Figura 67.



Figura 66 - Detalhes da válvula e tampa da válvula. Fonte: elaboração própria

A tampa de fixação da válvula serve para facilitar a saída de ar, fixar a válvula no lugar e permitir sua troca. Possui a menor espessura possível para minimizar a criação de protuberâncias na máscara e é fixada ao seu corpo através de um encaixe que utiliza sua flexibilidade. A tampa tem ranhuras para direcionar a saída do ar pela parte de baixo, conforme demonstrado na Figura 68.

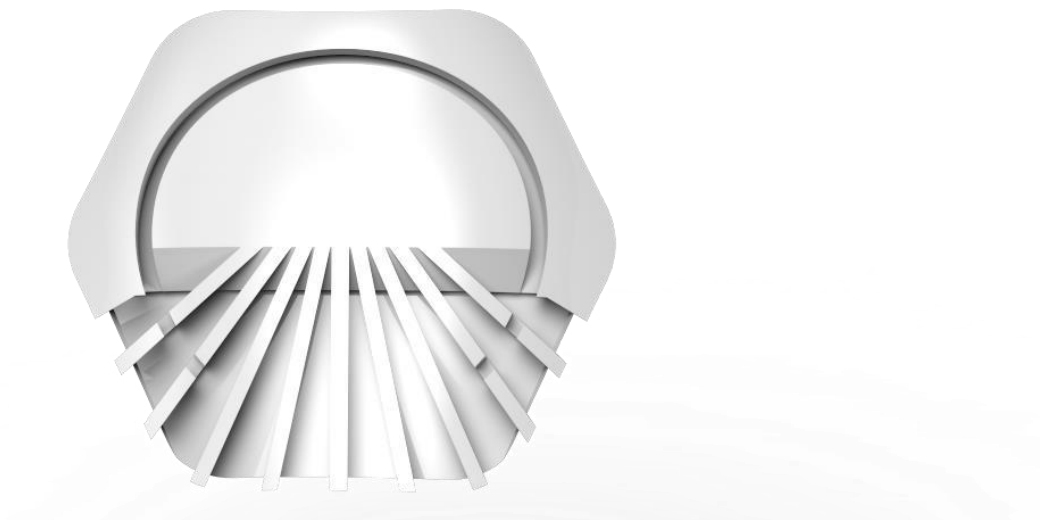


Figura 67 – Interior da tampa da válvula. Fonte: elaboração própria

A Figura 69 demonstra um corte com detalhes da fixação da válvula e da tampa da válvula. A Figura 70 demonstra as peças encaixadas.

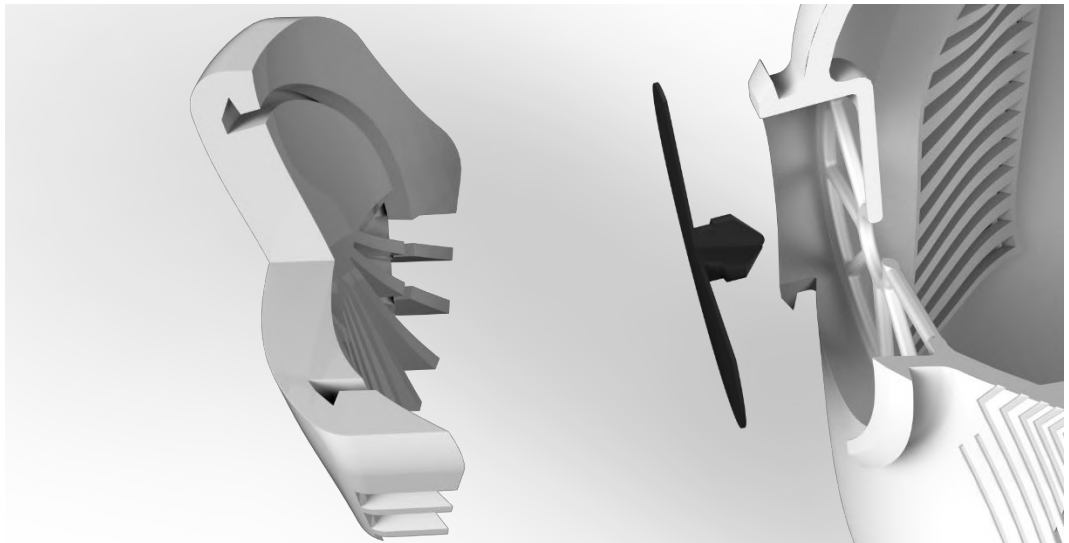


Figura 68 – Encaixes da válvula e da tampa da válvula. Fonte: elaboração própria



Figura 69 – Válvula e tampa encaixadas ao corpo. Fonte: elaboração própria

A tira de fixação utiliza material elástico para fixar a máscara à cabeça do usuário de forma confortável. Sua forma evita incômodos atrás das orelhas e, por ser mais larga, evita que haja aumento de pressão em determinadas áreas. Cada extremidade da tira possui dois furos que se encaixam aos ganchos nas laterais do corpo da máscara. A forma da tira foi pensada para conferir uma fixação segura aos diversos tipos de cabeça e para que permita sua retirada dos encaixes com uma mão só.

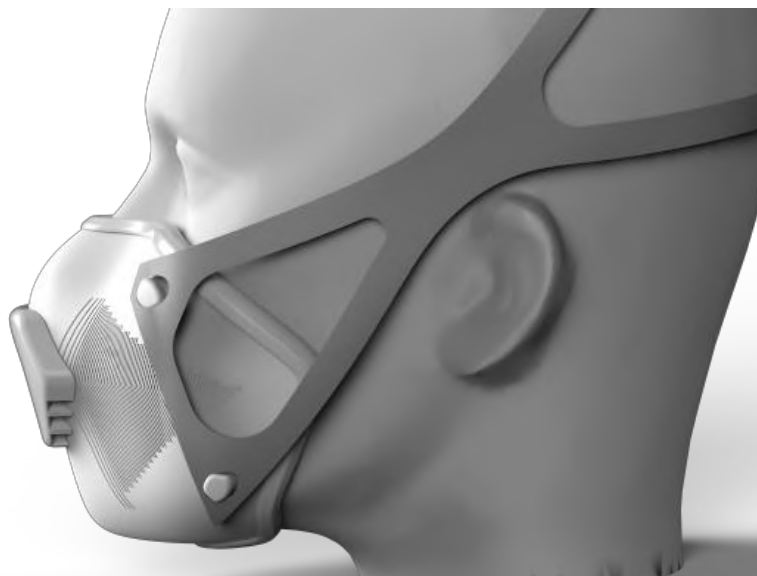


Figura 70 – Lateral das tiras fde fixação. Fonte: elaboração própria

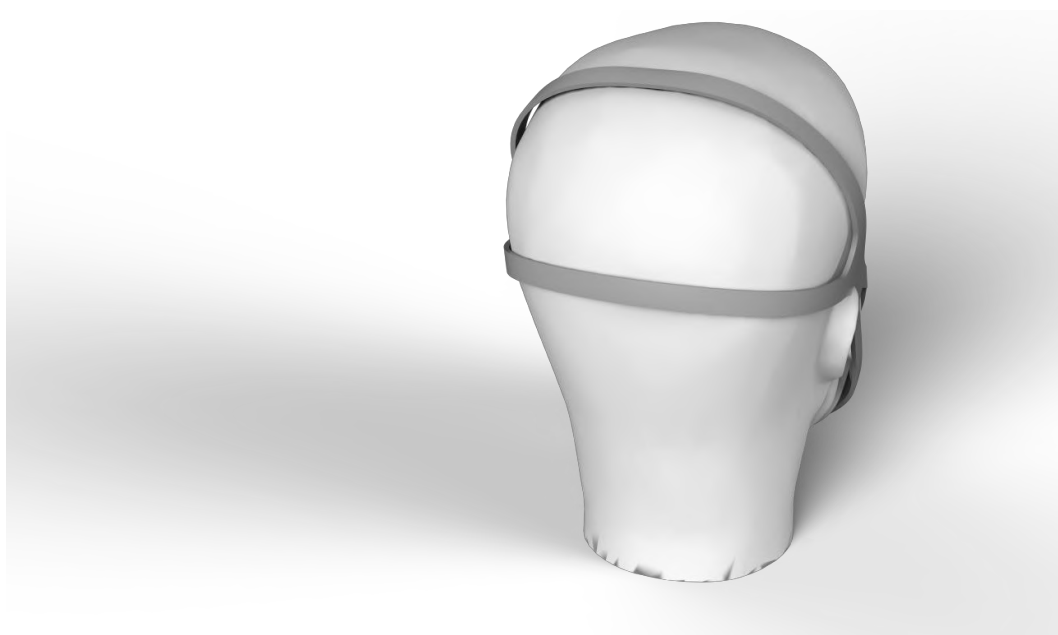


Figura 71 – Parte traseira das tiras fde fixação. Fonte: elaboração própria

4.2. Usabilidade do produto

4.2.1. Colocação e retirada do respirador

A tira de fixação do produto foi projetada para permitir uma rápida colocação e retirada do mesmo. Por ser um elemento único, ela possui um fácil procedimento de colocação da máscara, no qual o usuário deve apenas posicionar a máscara no rosto e esticar a tira para passá-la em torno da cabeça. A retirada do respirador pode ser feita de duas maneiras. A primeira consiste em esticar a tira de fixação novamente e retirá-la da cabeça do usuário, conforme ilustra a Figura 73. A segunda consiste em um mecanismo de retirada com uma mão só, que poderia ser utilizado em casos de emergência ou durante a atividade de ciclismo. Nessa segunda opção, o usuário deve puxar a parte central de uma das laterais da tira para que ela desencaixe dos ganchos da máscara, conforme demonstra a Figura 74.

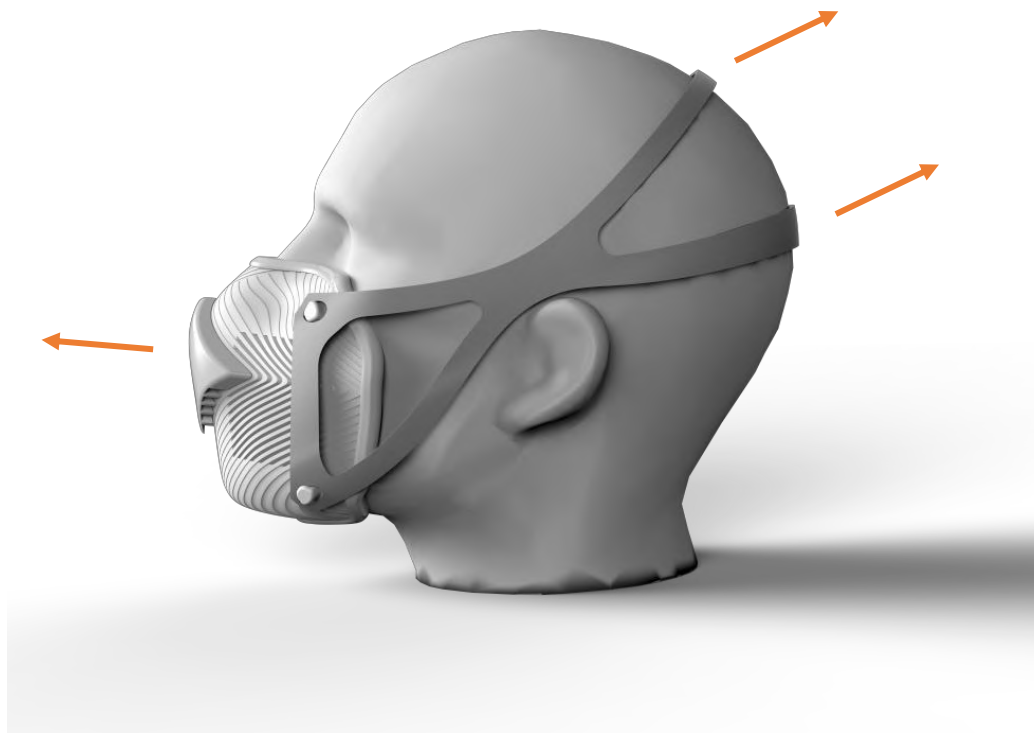


Figura 72 – Opção de remoção do respirador utilizando a flexibilidade das tiras. Fonte: elaboração própria

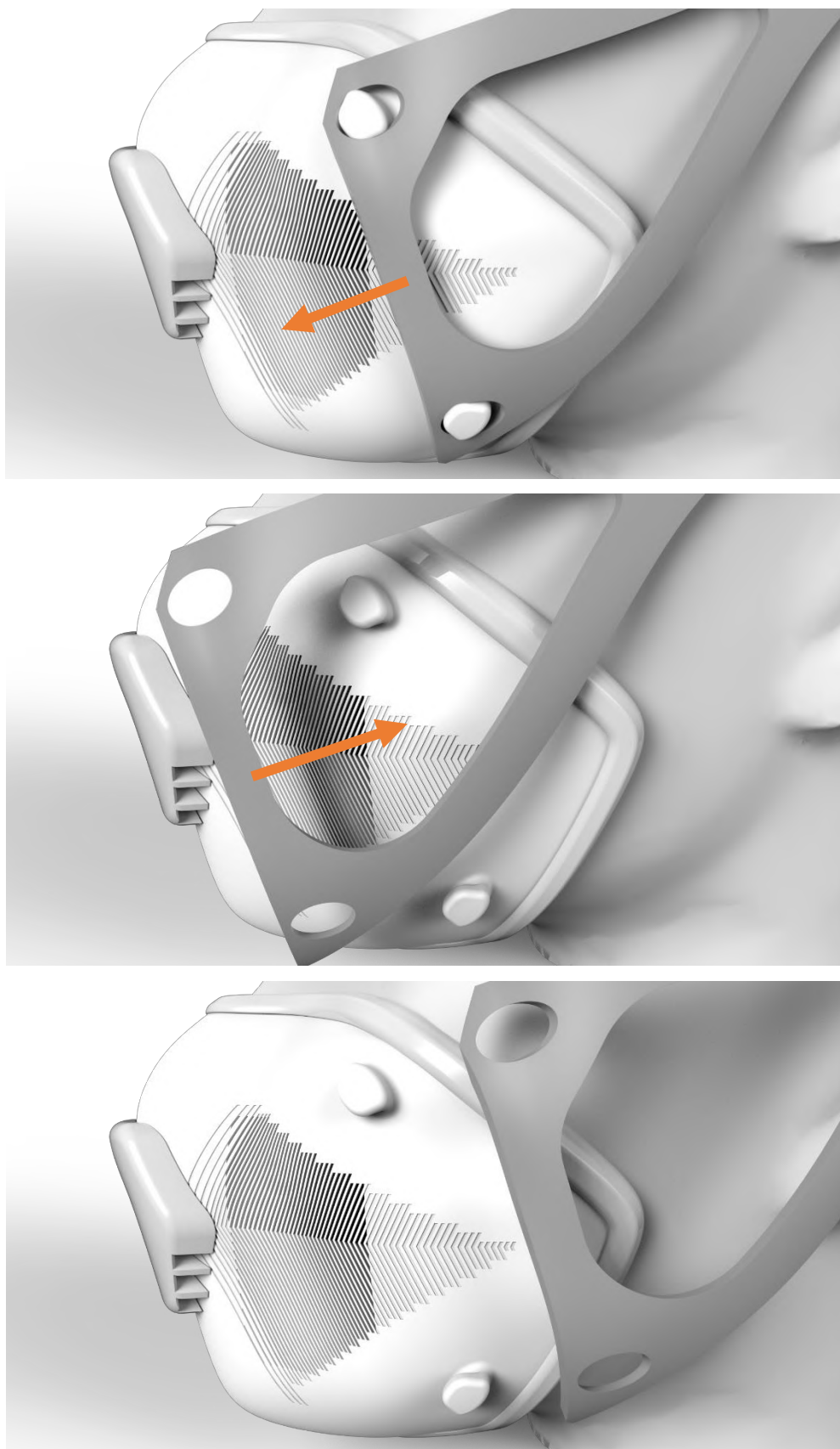


Figura 73 – Opção de remoção do respirador com uma só mão. Fonte: elaboração própria

Os ganchos da máscara também permitem que o usuário incorpore um cordão de segurança para garantir a sustentação da máscara, caso ele deseje retirá-la durante a atividade. Essa opção foi demonstrada na Figura 75.

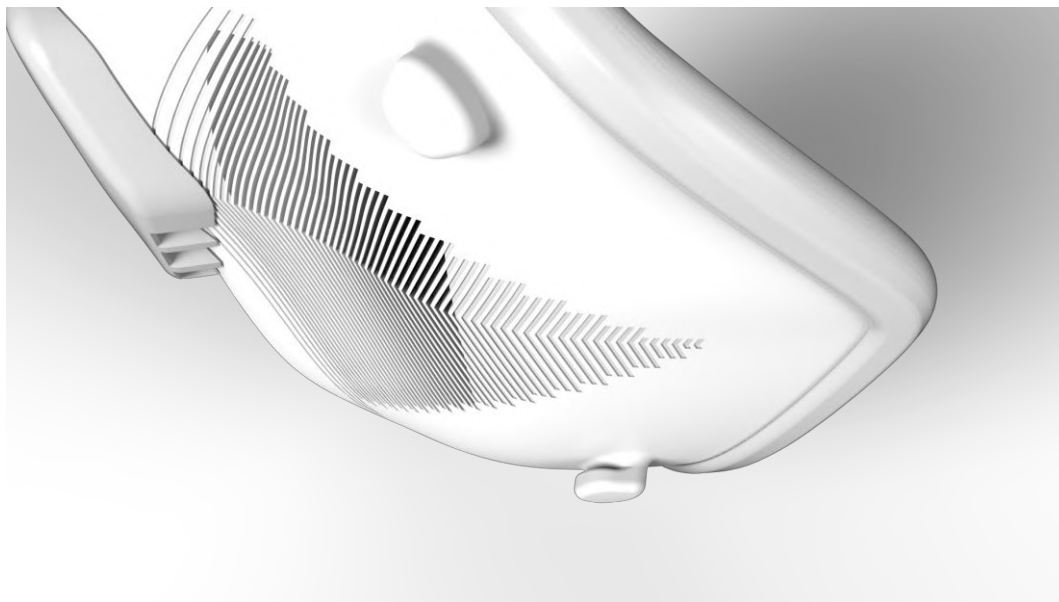


Figura 74 – Detalhes dos ganchos para fixação da tira. Fonte: elaboração própria

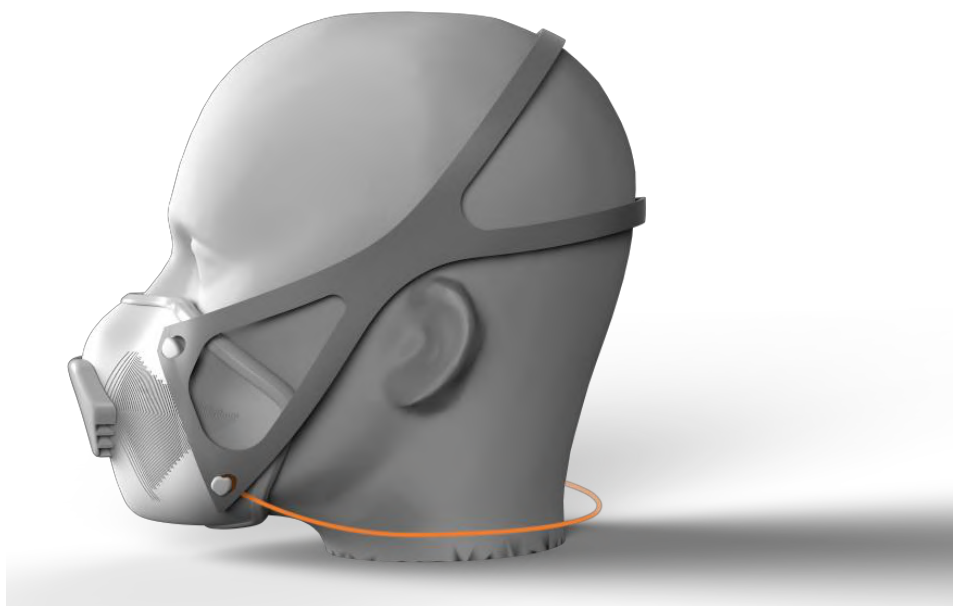


Figura 75 – Incorporação do cordão de segurança. Fonte: elaboração própria

4.2.2. Fixação e troca dos filtros

O produto desenvolvido utiliza a flexibilidade do plástico para fixar os filtros no local. Conforme explicado no item 3.5.2, para colocar os filtros o usuário deve flexionar o suporte, inserir o filtro no local indicado e soltar o suporte para que ele volte à sua posição original, fixando o filtro no local. A retirada do filtro deve ser feita da mesma maneira. O período de troca dos filtros varia de acordo com o local e frequência de uso. Em geral, a troca deve ser feita quando o usuário sentir uma maior resistência para a respiração.

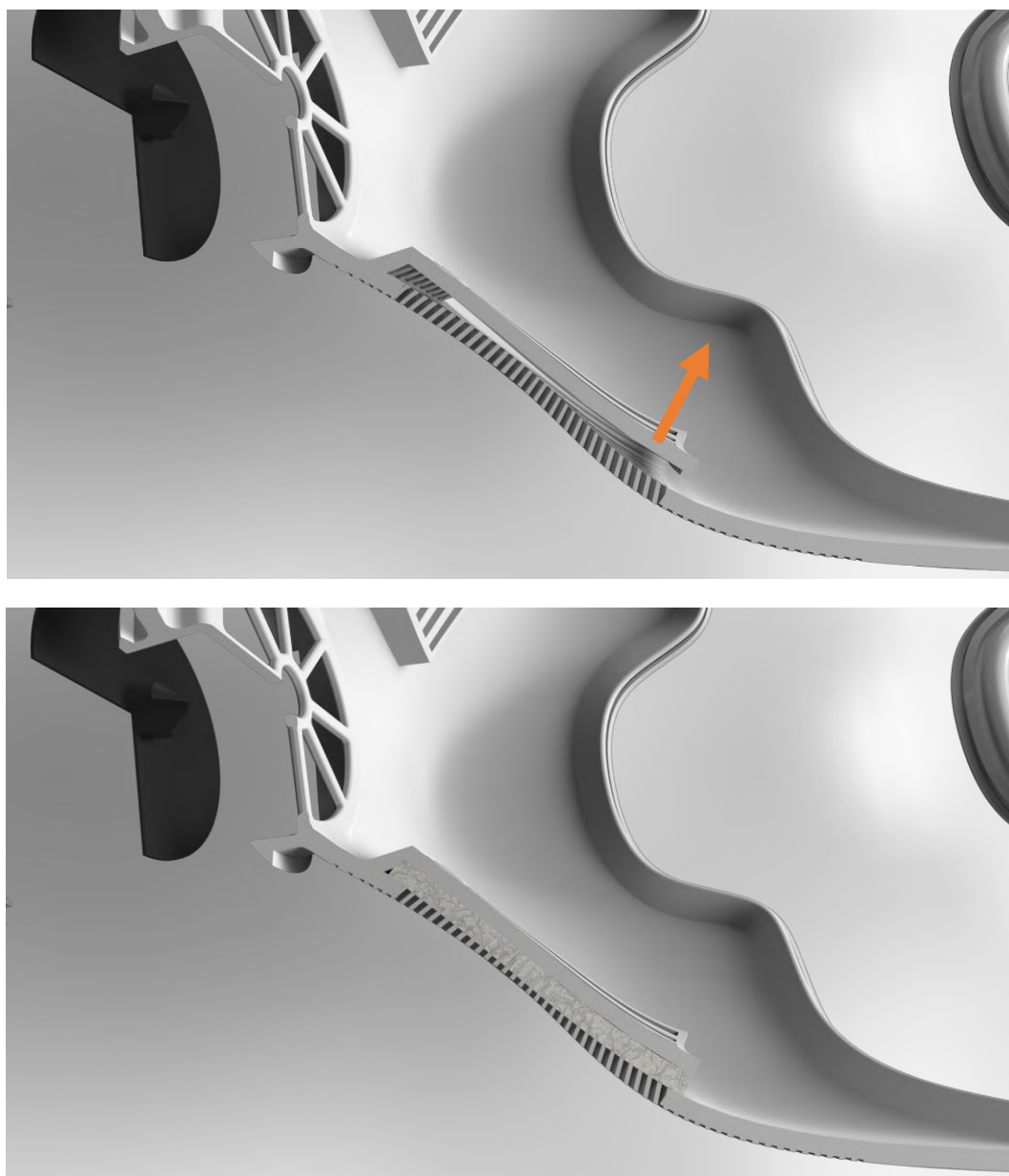


Figura 76 – Fixação e troca dos filtros. Fonte: elaboração própria



Figura 77 – Posicionamento do filtro. Fonte: elaboração própria

4.3. Materiais e tecnologias de produção

O produto desenvolvido será produzido através da adaptação de um modelo já existente ao escaneamento enviado pelo consumidor. O consumidor deverá enviar um escaneamento 3D de seu rosto, desenvolvido através de aplicativos ou em empresas especializadas. Após o recebimento do modelo 3D, um software especializado ajusta o modelo pré-definido ao modelo recebido, adaptando o respirador ao rosto do usuário. Após o ajuste inicial, o consumidor tem opções para customizar a máscara, escolher as cores e materiais. Ao fim, o respirador é impresso em 3D, de acordo com as preferências e a tecnologia escolhida pelo consumidor e os componentes comerciais produzidos em série são adicionados ao produto.

4.3.1. Tecnologia de filtragem

Para facilitar a produção, optou-se por padronizar a tecnologia e as dimensões dos filtros. Devido aos motivos apresentados no item 2.4.1, optou-se por utilizar a membrana de composto de proteína de soja e celulose bacteriana nas dimensões 34mm x 49mm e 2 mm de espessura. Optou-se por um filtro biodegradável porque a utilização de materiais que geram poluição secundária foi considerada inconsistente com a proposta do projeto, já que o uso e descarte dos filtros convencionais poderia contribuir negativamente para o problema.

A tecnologia de filtragem escolhida consiste em um filtro eficiente e biodegradável, que não gera poluição secundária com seu descarte. Essa membrana possui eficiência de 99.94% e 99.95% para PM2.5 e PM10, respectivamente. Possui densidade de 60g/m² e aproximadamente 92.63% de penetração de ar (similar às máscaras descartáveis convencionais).

4.3.2. Tiras de fixação

As tiras de fixação do respirador são confeccionadas a partir da planificação das tiras geradas no modelo virtual. A opção de produzir as tiras através de impressão 3D foi descartada porque a planificação da tira possui comprimentos muito maiores do que as áreas de impressão das impressoras 3D mais comuns de cada tecnologia. Apesar de já existirem impressoras industriais com grandes áreas de impressão, essas máquinas são pouco difundidas e de difícil acesso, o que acabaria aumentando consideravelmente o custo do produto.

Por esse motivo, optou-se por produzir as tiras de fixação em Elástico Mara 75% Poliéster, 25% Elastodieno. Esse material foi escolhido por ser um elástico facilmente encontrado, o que reduz custos e facilita reposições.

4.3.3. Tecnologias de impressão 3D

O Conceito desenvolvido permite que o usuário escolha qual dos diferentes tipos de impressão 3D será utilizado para a sua máscara, de acordo com suas prioridades. Para melhor definir quais tipos de tecnologias poderiam ser escolhidas pelos consumidores e quais as implicações de cada escolha, foi desenvolvida a Tabela 5.

	FDM	SLA	SLS	POLYJET
CUSTO	\$	\$ \$	\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$ \$
ACABAMENTO (Camada Mínima)	●●○○○ 0,05 – 0,4	●●●●○ 0,025 – 0,1	●○○○○ 0,1	●●●●● 0,016 – 0,03
RESISTÊNCIA	●●●○○	●○○○○	●●●●●	●○○○○
TRANSPARÊNCIA	●○○○○ (Muito ruim)	●●●○○	○○○○○	●●●●●
COR	●●●○○	●●○○○	●○○○○	●●●●●
DIMENSÃO DE DETALHES (Mínimos)	●○○○○ Furo: 2,0mm Relevo: 2,0mm	●●●●● Furo: 0,5mm Relevo: 0,4mm	●●○○○ Furo: 1,5mm Relevo: 1,0mm	●●●●● Furo: 0,5mm Relevo: 0,5mm

Tabela 5 - Comparação entre tecnologias de impressão aplicadas ao projeto. Fonte: elaboração própria, com informações retiradas de The 3D Printing Handbook³⁴

³⁴ REDWOOD, Bem; SCHÖFFER, Filemon e GARRET, Brian. **The 3D Printing Handbook – Technologies, design and applications**. Amsterdam: 3D Hubs B. V., 2017

Analisando a tabela, pode ser observado que há uma grande variação de preços e qualidades disponíveis, o que pode contribuir para o alcance de um maior público.

A tecnologia de FDM é a opção de menor custo e permite uma boa customização com cores (de acordo com a oferta de cores do material). Já existem testes em desenvolvimento com o objetivo de permitir uma maior variedade de cores (através de pintura da peça ou combinação de filamentos). Devido à natureza do processo, que deixa as camadas mais evidentes, não é possível alcançar transparência satisfatória, apenas peças translúcidas. Dentro da tecnologia de FDM existe também uma gama de variações de preço e qualidade, de acordo com a variação na espessura das camadas e do diâmetro dos bicos de impressão. Vale ressaltar também, que a produção de peças com vedação ao ar, depende da impressora utilizada e das configurações definidas para impressão.

A tecnologia de SLA apresenta o melhor custo benefício em relação ao acabamento e à resolução de detalhes. Atinge níveis satisfatórios de transparência e pode ser pigmentada com certa variedade, mas permite apenas uma cor por impressão.

Atualmente, a tecnologia de SLS resulta em peças com material poroso e de alta absorção, o que facilita o tingimento das peças, mas pode gerar outros problemas a longo prazo, como o amarelamento do material e o acúmulo de sujeira. Isso ocorre devido à natureza do processo, que não funde o material completamente. No momento, a tecnologia de SLS não é indicada para essa aplicação se não houver processo de pós-produção, mas já existem avanços nesse tipo de tecnologia que indicam a provável solução desses problemas em um futuro próximo.

A tecnologia de Polyjet oferece o melhor acabamento, sendo a única tecnologia de impressão 3D com acabamento comparável a injeção plástica. Seu custo é consideravelmente maior do que o das demais tecnologias. Permite misturas de materiais (flexíveis e rígidos) e misturas de cores com boa precisão (até 50.000 cores nos modelos mais recentes de alguns fabricantes). É a única tecnologia de impressão que, com pós-produção, consegue superfícies 100% transparentes.

As tecnologias de FDM e SLA se apresentaram como as mais viáveis para a aplicação do projeto no momento atual. Com o rápido avanço das tecnologias, esse cenário pode se

alterar em pouco tempo e novas tecnologias podem ser incorporadas à proposta. É esperado também que o custo de impressões 3D reduza de maneira geral, o que facilita ainda mais a implementação do projeto.

Sendo assim, cada consumidor terá a opção de escolher dentre as opções de fabricação apresentadas na Tabela 10 - excetuando-se SLS -, de acordo com suas prioridades em relação a custo, capacidades de customização e qualidade.

Com relação a custo de produção, precisam ser contabilizados o tempo de máquina, o uso de material e o tempo de serviço pós-produção para limpar a peça. São pontos muito variantes entre uma tecnologia e outra, resultando em possibilidade de custo de aproximadamente R\$200,00 para FDM, até R\$1000,00 para SLA.

4.4. Personalização do produto

A definição da tecnologia de produção influencia diretamente nas possibilidades de customizações estéticas. Conforme demonstrado na Tabela 10, a escolha da tecnologia interfere na qualidade dos acabamentos, capacidades de reproduzir padronagens e até na variedade de cores que podem ser aplicadas.

Além dos materiais e das cores, cada consumidor tem a opção de customizar a padronagem de rebaixos e furos da parte frontal da máscara. Além disso, o formato externo da tampa da válvula também pode ser personalizado de acordo com as preferências de cada consumidor.

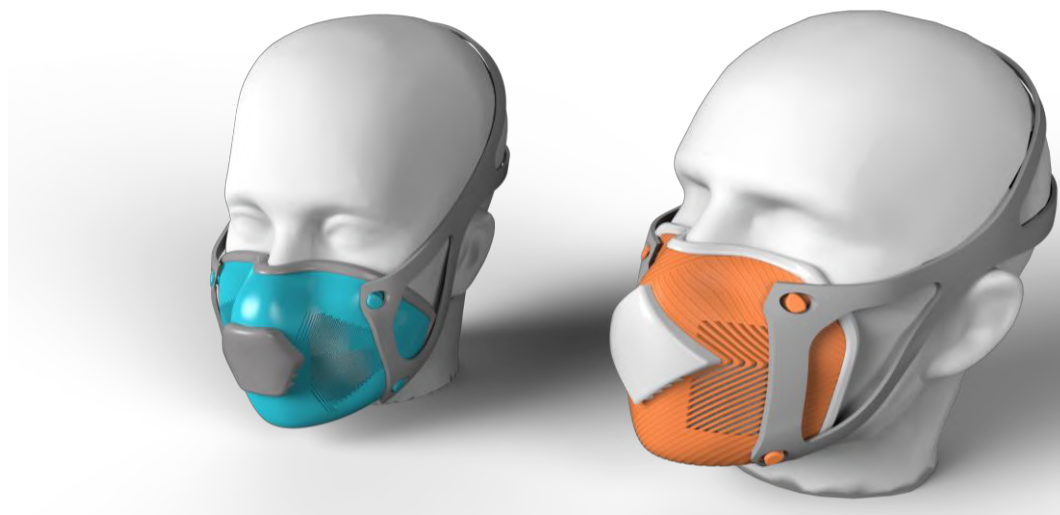


Figura 78 - Opções de customização do respirador. Fonte: elaboração própria

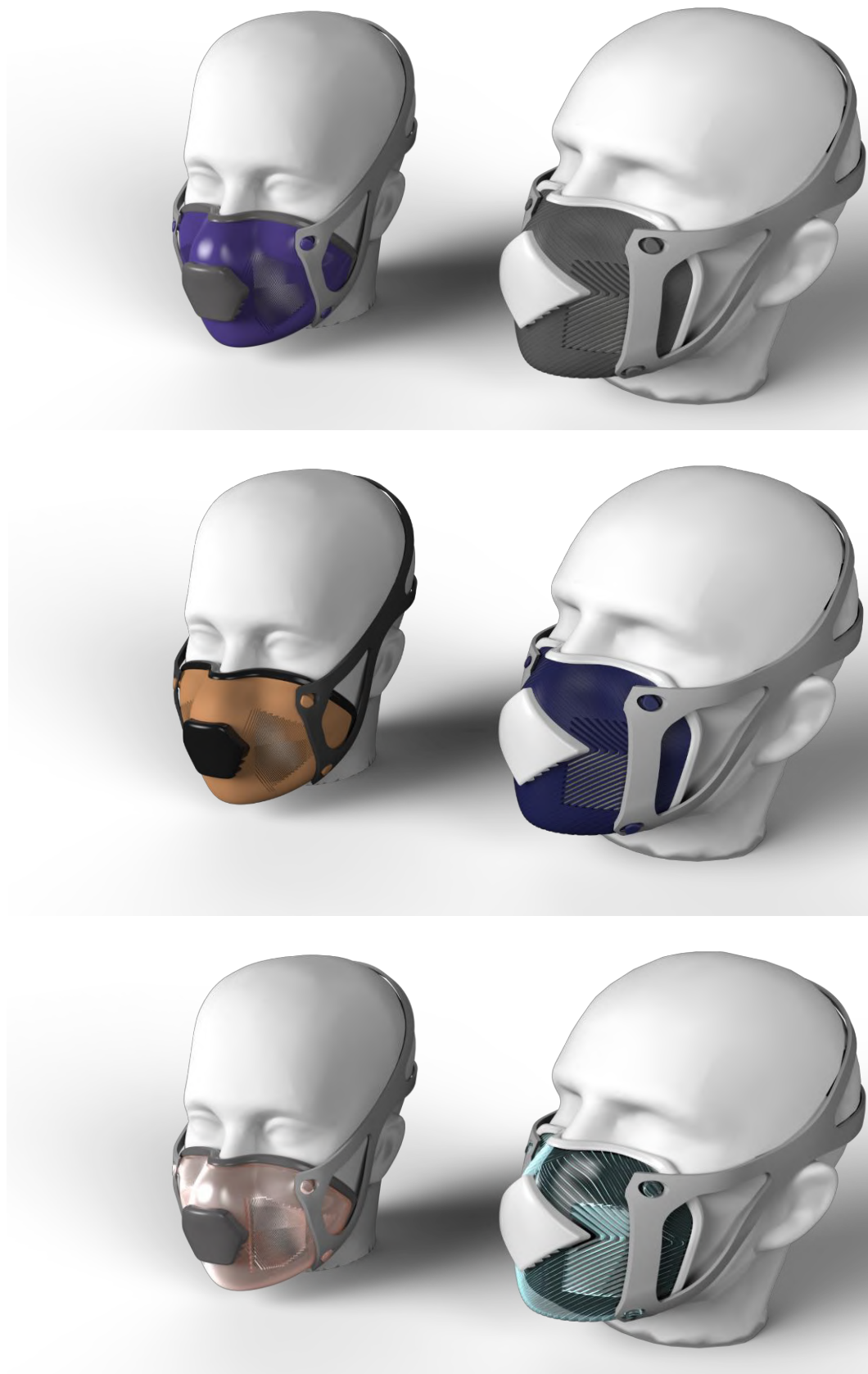


Figura 79 - Opções de customização do respirador. Fonte: elaboração própria





Figura 80 - Opções de customização do respirador. Fonte: elaboração própria

CONCLUSÃO

O resultado do projeto gerou um produto que propõe soluções potencialmente satisfatórias às principais questões identificadas: a facilidade de respirar resultante de uma acomodação formal adequada e a necessidade de conforto para o usuário.

O produto final atende as necessidades de segurança para ciclistas permitindo o uso de capacete, não restringindo a mobilidade da cabeça e oferecendo a opção de fácil retirada com apenas uma mão. Também se adequa à proposta de reduzir a absorção de poluentes, devido ao tipo de filtro escolhido, pela maneira como é fixado e pela vedação adaptada ao usuário. A incorporação de uma válvula de saída também contribui para estabelecer um conforto térmico, assim facilitando a respiração.

O processo de pesquisa para a adaptação da máscara ressaltou o ponto de que, para determinados produtos, a fabricação generalizada pode não ser a melhor opção. A customização da máscara, além de ser responsável pelo cumprimento dos pontos anteriores, também permite que o usuário consiga imprimir sua personalidade na peça, criando uma relação mais próxima com o seu item.

Por outro lado, algumas das propostas iniciais foram descartadas ao longo do projeto. A opção de permitir a comunicação através da máscara não foi incorporada, porque prejudicaria outras questões que foram consideradas prioritárias, como a garantia de vedação da máscara.

Além disso, foram descartadas opções que escondiam a máscara devido ao potencial crítico que a máscara exposta pode trazer. A imagem de pessoas que escolhem um estilo de vida mais sustentável tendo que estar com o rosto coberto por algo com simbolismos negativos, pode ser visto como uma manifestação sobre o problema de poluição do ar, e possivelmente servir como ferramenta de conscientização.

A possibilidade de combinar a máscara ao uso de óculos também não pôde ser testada e comprovada, já que, para evitar que a máscara aperte o nariz e dificulte a respiração do usuário, optou-se por manter o ponto de apoio da máscara na região dos ossos nasais, onde comumente, se acomodam os apoios de óculos.

O objetivo estético de não ter um visual proeminente foi atingido até certo ponto, tendo sido feitas algumas concessões em função de aspectos considerados mais prioritários para o funcionamento do respirador.

Com o rápido avanço das tecnologias de impressão 3D, espera-se que alguns desses aspectos possam ser ajustados e melhorados em um futuro próximo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. São Paulo: Editora Blücher, 2008.
- LIU, Chong et al. **Transparent air filter for high-efficiency PM2.5 capture**. Stanford: NATURE COMMUNICATIONS, 2015.
- LIU, Xiaobing et al. **Soy protein isolate/bacterial cellulose composite membranes for high efficiency particulate air filtration**. Pequim: Composites Science and Technology, 2017.
- MATEUS, Vinícius Lionel et al. **Study of the chemical composition of particulate matter from the Rio de Janeiro metropolitan region, Brazil, by inductively coupled plasma-mass spectrometry and optical emission spectrometry**. Rio de Janeiro: Spectrochimica Acta Part B, 2013.
- MEDEIROS, Diego Piovesan. **Design de produto e processos de projeto com ênfase na customização pós-produção**. Universidade Federal do Rio Grande do sul, 2012.
- MCDONOUGH, William e BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle, remaking the way we make things**. Nova York: North Point Press, 2002.
- PECK, R.L. et al. **Efficiency of portable HEPA air purifiers against traffic related combustion particles**. Cincinnati: Building and Environment, 2016.
- REDWOOD, Bem; SCHÖFFER, Filemon e GARRET, Brian. **The 3D Printing Handbook – Technologies, design and applications**. Amsterdam: 3D Hubs B. V., 2017
- SHIUE, Angus; HU, Shih-Cheng; TU, Mao-Lin. **Particles Removal by Negative ionic Air Purifier in Cleanroom**. Taiwan: Aerosol and Air Quality Research, 2011.
- SIQUEIRA, Celeste Yara dos Santos et al. **Atmospheric distribution of organic compounds from urban areas near Olympic games sites in Rio de Janeiro, Brazil**. Rio de Janeiro: Microchemical Journal, 2017.
- WHO. **Ambient Air Pollution City Database**. Geneva: World Health Organization; 2016. Disponível em http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FONTES NA INTERNET

Acervo digital do New York Times

<https://www.nytimes.com/2017/07/06/well/move/on-your-bike-watch-out-for-the-air.html?smid=fb-nytimes&smtyp=cur&_r=0> acessado em 09/07/2017

Acervo digital do The Guardian

<<https://www.theguardian.com/environment/2015/jul/15/nearly-9500-people-die-each-year-in-london-because-of-air-pollution-study>> acessado em 24/09/2017

Acervo digital da Organização Mundial da Saúde

<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>> acessado no dia 17/06/2017

<http://www.who.int/topics/air_pollution/en/> acessado no dia 6/8/2017

<<http://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/air-pollution/en/>> acessado dia 05/08/2017

Anexo 1

Produtos	Tipo de Ambiente	Tempo	Foco de purificação	Tecnologias	Manutenção	nº de modelos
Philips Air Purifiers series 1000/2000	Interno - 200 e 277 sqft	?	Alergênicos* (99.97% 0.3microns), gases, odores, vírus e bactérias	Pré filtro (partículas maiores), filtro de carvão ativo (gases e odores (VOCs)) e filtro HEPA (alergênicos), fluxo de ar forçado	Troca de filtros - HEPA após 12 meses e carvão ativo após 6 meses	4 modelos
Philips GoPure Compact 200	Interno - Veículo	10 m³/h	PM2.5 e partículas finas** (99% 0.3microns), e gases tóxicos (99%)	Pré filtro (partículas maiores), filtro HEPA e HESA (todos acima), fluxo de ar forçado	Troca de filtro após 350h	1 modelo
Samsung Air Purifiers	Interno - 39m², 50m² e 93.1m²	325.7, 411.8 m³/h	Partículas ultrafinas (99.9% PM2.5), gases nocivos, odores e vírus e bactérias (99.7%)	Pré filtro, filtro desodorizante, filtro HEPA e vírus doctor (ionizador)(vírus e bactérias, e partículas suspensas), fluxo de ar forçado	Troca de filtro	3 modelos
Ar-Condicionado Split Inverter Samsung	Interno	?	Vírus (99.9%), bactérias, ácaros, fungos e partículas sólidas (60-80%)	Vírus doctor (ionizador)(vírus, bactérias, fungos e ácaros) e filtro Full HD (partículas sólidas e bactérias), fluxo de ar forçado	Limpeza de filtro a cada 2 semanas	19 de 21
Purificador de Ar Electrolux (PR10E)	Interno	100m³/h	Micro partículas, fumaça, bactérias, vírus e fungos	Pré filtro (partículas visíveis), filtro HEPA (micro partículas), filtro de carvão ativado (fumaça), luz ultra violeta (bactérias, vírus e fungos) e ionizador (decaimento de partículas), fluxo de ar forçado	Troca de filtro	1 modelo
Ar condicionado Split e portáteis Electrolux	Interno	?	Bactérias (99%), odores e partículas de poeira	Ultra filter (bactérias), filtro de carvão ativado (odores) e filtro de Nylon (partículas de poeira), fluxo de ar forçado	Troca de Ultra filter e filtro de carvão ativado à cada 4 ou 5 meses	diversos

Tabela 6 - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria

Produtos	Tipo de Ambiente	Tempo	Foco de purificação	Tecnologias	Manutenção	nº de modelos
Sharp Air Purifier series	Interno - 19m², 21m², 31m², 30m², 30m², 40m² e 62m². Ionizador atua em área menor.	24-150m³/h, 60-180m³/h, 30-240m³/h, 54-240m³/h, 48-240m³/h, 54-240m³/h e 120-480m³/h	Vírus e bactérias (99.9%), mofo, odor, PM2.5(99.97% 0.3micron), micróbios e fumaça, formaldeído(96%), mosquitos(99.4%)	Plasmacluster(ionizador)(virus, bacterias, mofo, pó), pré filtro, filtro HEPA (PM2.5, fumaça e micróbios), filtro carvão ativo (odores), fluxo de ar forçado. Filtro multifuncional (HEPA+carvão ativo), filtro de formaldeído, tela de cola(mosquitos) em alguns modelos	Troca de filtros: HEPA após 4-10 anos Carvão ativo após 2-10 anos Filtro multifuncional após 2 anos Filtro de formaldeído após 2 anos Tela de cola após 2 meses	7 modelos
Sharp Humidifying Air Purifier series	Interno - 20m², 25m², 26m², 32m², 34m², 40m² e 49m². Ionizador atua em área menor.	60-200m³/h, 66-216m³/h, 61-210m³/h, 65-320m³/h, 80-280m³/h, 140-330m³/h e 90-410m³/h	Vírus e bactérias (99.9%), mofo, odor, PM2.5(99.97% 0.3micron), micróbios e fumaça, formaldeído(96%)	Plasmacluster(ionizador)(virus, bacterias, mofo, pó), pré filtro, filtro HEPA (PM2.5, fumaça e micróbios), filtro carvão ativo (ou carvão ativo e sílica gel, ou 2 em 1 desodorizante e de formaldeído) (odores), filtro de formaldeído, humidificador, fluxo de ar forçado.	Troca de filtros: HEPA após 2-10 anos Carvão ativo após 2-10 anos Carvão ativo e sílica gel após 10 anos Filtro 2 em 1 desodorizante e de formaldeído após 10 anos Filtro humidificador após 2-5 anos Filtro de formaldeído após 2 anos	7 modelos
Sharp Ion Generator series	Interno - 3.6m², 15m², 10m² e 13m²	-, 50-78m³/h, 30-90m³/h e -	Vírus e bactérias (99.9%), mofo, odor, PM10, PM2.5(99.97% 0.3micron) e fumaça.	Plasmacluster(ionizador)(virus, bacterias, mofo, pó). Pré filtro, filtro 2 em 1 HEPA desodorizante (PM2.5, fumaça e odores), filtro PM10, fluxo de ar forçado.	Troca de filtros: Filtro 2 em 1 HEPA desodorizante após 10 anos	4 modelos

Tabela 7 - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria

Produtos	Tipo de Ambiente	Tempo	Foco de purificação	Tecnologias	Manutenção	nº de modelos
Honeywell Portable/compact Air Purifiers	Interno - ?, 85sqft	130 e 55 (CADR)	Alergênicos(99.97% 0.3micron), odores e germes. Alergênicos(95% 2micron), odores e micróbios	Pré filtro de carbono (odores), Filtro HEPA (alergênicos e germes). Pré filtro, Filtro de carbono(odores), Filtro HEPA anti microbio(alergênicos) e ionizador. Fluxo de ar forçado	em um uso de 12h diárias, troca de filtro - Pré filtro de carbono após 3 meses Filtro	2 modelos
Honeywell Air Purifiers series	Interno - 170sqft, 310sqft, 460sqft,	130, 200, 320, 250 e 150 (CADR)	Alergênicos(99.97% 0.3micron), odores, bactérias, vírus, mofo, fungos, germes e gases.	Pré filtro de carbono (odores), Filtro HEPA (alergênicos). Luz UV (bactérias, mofo, vírus e fungos). Fluxo de ar forçado	troca de filtro - Pré filtro de carbono após 3 meses Filtro HEPA após 3-5 anos	5 modelos
Honeywell QuietClean with Permanent Filter series	Interno - 62sqft, 124sqft e 170sqft	35-55, 69-88 e 100-132 (CADR)	micropartículas(99% 2micron), odores	Pré filtro de carbono(odores), ifD micro filter(micropartículas), fluxo de ar forçado	Lavagem de ifD micro filter a cada 3 meses trocar pré filtro de carbono após 3 meses	3 modelos
Whirlpool air purifier series	Interno - 490sqft e 508sqft	315cfm e 328cfm	Alergênicos(99.97% 0.3micron), odores	Pré filtro de carvão (odores), Filtro HEPA (Alergênicos). Fluxo de ar forçado	?	3 modelos
Dyson pure	Interno	?	Partículas (99.97% 0.3microns), compostos orgânicos voláteis (VOCs), odores, fumaça e gases	Filtro HEPA 360° (partículas), active graphite filter (VOCs, odores e fumaça) e Tris-coated graphite (gases), fluxo de ar forçado	Troca de filtro após 12 meses, com uso de 12h/dia	
Sterilair	Interno até 60m ³	?	Microorganismos (fungos, ácaros, mofo, bactérias, vírus e odores)	Esterelização por calor	Não requer	

Tabela 8 - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria

Produtos	Tipo de Ambiente	Tempo	Foco de purificação	Tecnologias	Manutenção	nº de modelos
Blue air classic series	Interno - 22m², 26m², 40m², 65m² e 72m²	263m³/h, 306m³/h, 510m³/h, 765m³/h e	Micropartículas (99.97% 0.1micron), vírus, bactérias, gases e VOCs***	Smokestop filter, ionizador, fluxo de ar forçado	Em um uso de 24h, troca de filtro após 6 meses	5 modelos
Blue air Sense	Interno - 18m²	255m³/h	Micropartículas (99.97% 0.1micron), vírus e bactérias	Filtro de partículas, ionizador, fluxo de ar forçado	Em um uso de 24h, troca de filtro após 6 meses	
Blue air Pro series	Interno - 36m², 72m² e 110m²	425-595m³/h, 833-1070m³/h	Micropartículas (99.97% 0.1micron), vírus, bactérias, gases e VOCs***	Smokestop filter, ionizador, fluxo de ar forçado	Em um uso de 24h, troca de filtro após 6 meses	3 modelos
Blue air Blue series	Interno - 161sqft, 540sqft e 620sqft	120cfm, 350cfm e 400cfm	Micropartículas (99.97% 0.1micron), vírus, bactérias, gases e VOCs***	Pré filtro de tecido, particle+carbon filter, ionizador, fluxo de ar forçado	Em um uso de 24h, troca de filtro após 6 meses	3 modelos
Smog Free Tower	Externo	30000m³/h	Micropartículas (45% PM10 e 25% PM2.5 em um diâmetro de mais de 20m em ambientes abertos e clima calmo)	Tecnologia de ionização positiva	?	
Large Purifying system	Externo - raio de ação de 300m e altura de	800000m³/h	Partículas finas (100%) e partículas ultra finas (95%)	Filtro. Fluxo de ar forçado	?	

Tabela 9 - Produtos de purificação do ar de uso coletivo. Fonte: elaboração própria

Produtos	Foco de purificação	Tecnologias	Manutenção	nº de modelos
O2 Today Urban air mask	PM2.5 (97% em 95L/min) e bactérias (99.99%)	Filtro HELIX de lã Merino	?	
Airmotion Woobi	PM2.5, vírus e bactérias (95%)	Filtro	Em uso de 12h, troca de filtro entre 1 a 15 dias dependendo dos índices de poluição da região	
Vogmask N99CV e N99C2V	Micropartículas (95% 0.3 micron)	Filtro polipropileno com camada de carvão ativo. Válvula	Lavável	2 modelos
Totobobo	PM2.5 (92%-96% varia do filtro)		Troca de filtro quando atingir tonalidade de 50% cinza. Máximo de 14 dias de uso	
Respro	PM2.5, fumaça de escapamento, vapor orgânico	Filtro particulado/químico, válvua de saída.	Troca de filtro após 4-6 semanas após 6 meses	11 modelos
I Can Breathe Masks	Fumaça, mofo, partículas químicas	Filtro de carbono com/sem válvula	Lavagem de máscara e troca de filtro de carbono	5 modelos
3M Respiradores descartáveis	Partículas (0.3micron 95%/99%/99.97%). Odores, vapores e gases contaminantes	Filtro N95/N99/N100 (partículas). Filtro de Carbono. Válvulas	Descarte da máscara	24 modelos
3M Respiradores Reutilizáveis	Partículas (0.3micron 95%/99%/99.97%). Odores, vapores e gases contaminantes	Filtro Particulado ou Cartucho de Gás e Vapor ou Combinação entre cartucho e filtro. Válvula. Poder ter versões motorizadas.	Troca de filtro ou cartucho ou combinação	6 modelos

Tabela 10 - Produtos de purificação do ar de uso individual. Fonte: elaboração própria

Fontes das informações da Tabela 2:

<https://www.usa.philips.com/c-m-ho/air-purifier-and-air-humidifier/air-purifier-2000> https://www.usa.philips.com/c-p/FY2422_40/2000-series-nano-protect-filter
https://www.usa.philips.com/c-p/FY2420_40/active-carbon-filter
<https://www.usa.philips.com/c-p/GPC20GPX1/gopure-compact-automotive-clean-air-system/overview>
<http://www.samsung.com/in/air-conditioners/air-purifier-ax40k3020wu/>
<http://www.samsung.com/my/air-conditioners/air-purifier-ax50k5050wd/>
<http://www.samsung.com/in/air-conditioners/air-purifier-ax70j7000wt/>
<http://www.samsung.com/br/air-conditioners/wall-mount-ar09hsspbn/>
<http://loja.electrolux.com.br/purificador-de-ar-pr10e-electrolux/p>
<http://loja.electrolux.com.br/ar-condicionado-split-inverter-22000-btus-frio-bi22f-be22f-electrolux/p>
<http://loja.electrolux.com.br/condicionador-de-ar-10000-btus-tipo-portatil-frio-po10f-electrolux/p#especificacoes-tecnicas>

Fontes das informações da Tabela 3:

<https://www.sharp.com.hk/en/series/11-air-purifier-series>
<https://www.sharp.com.hk/en/series/10-humidifying-air-purifier-series>
<https://www.sharp.com.hk/en/series/15-ion-generator-series>

Fontes das informações da Tabela 4:

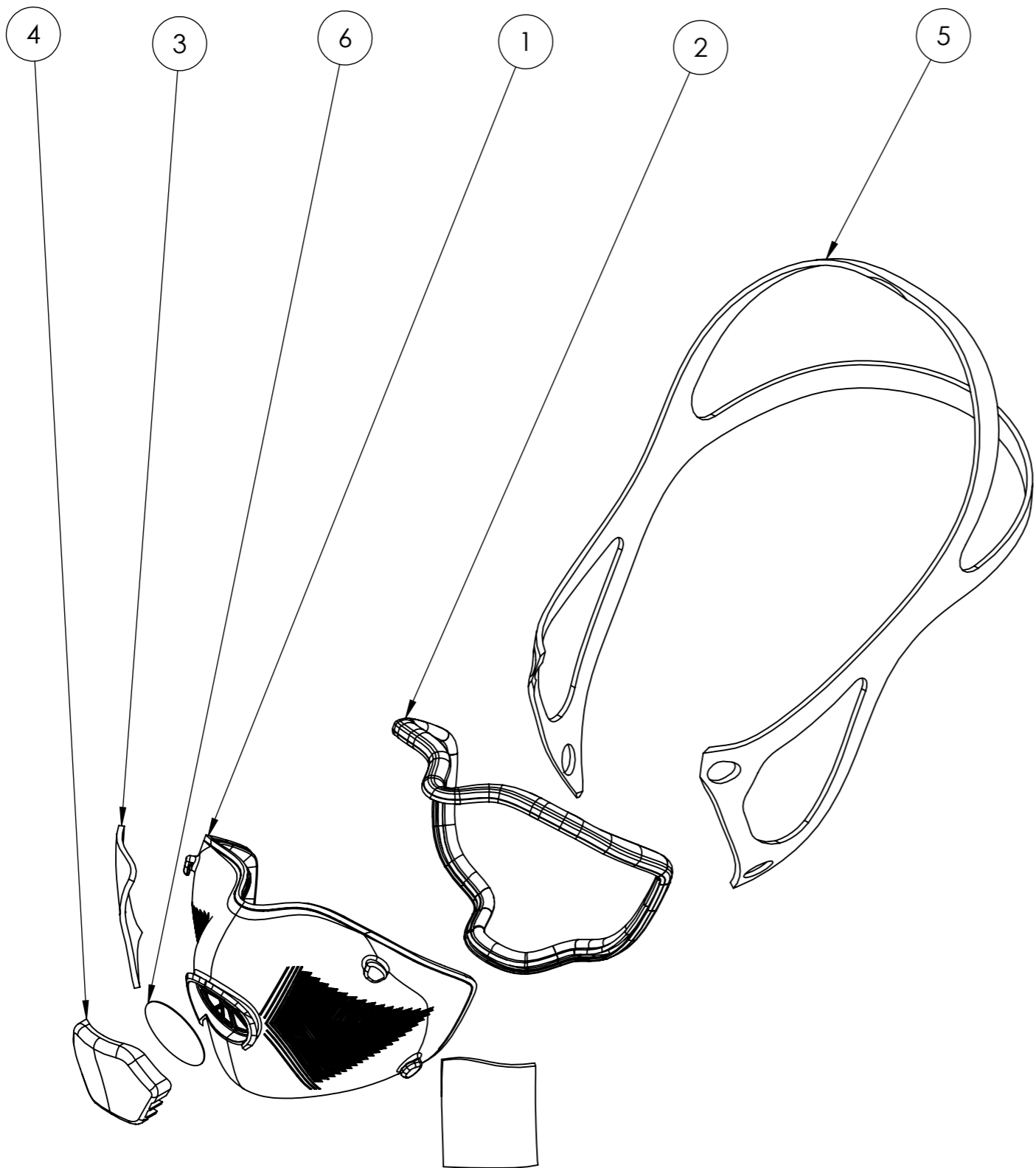
<https://yourhome.honeywell.com/en/products/air-purifier>
<https://www.whirlpoolairpurifiers.com/product-category/air-purifiers/>
<http://www.dyson.com/air-treatment/purifiers/dyson-pure-hot-cool-link-evo/overview.aspx>
<http://www.sterilair.com.br/>

Fontes das informações da Tabela 5:

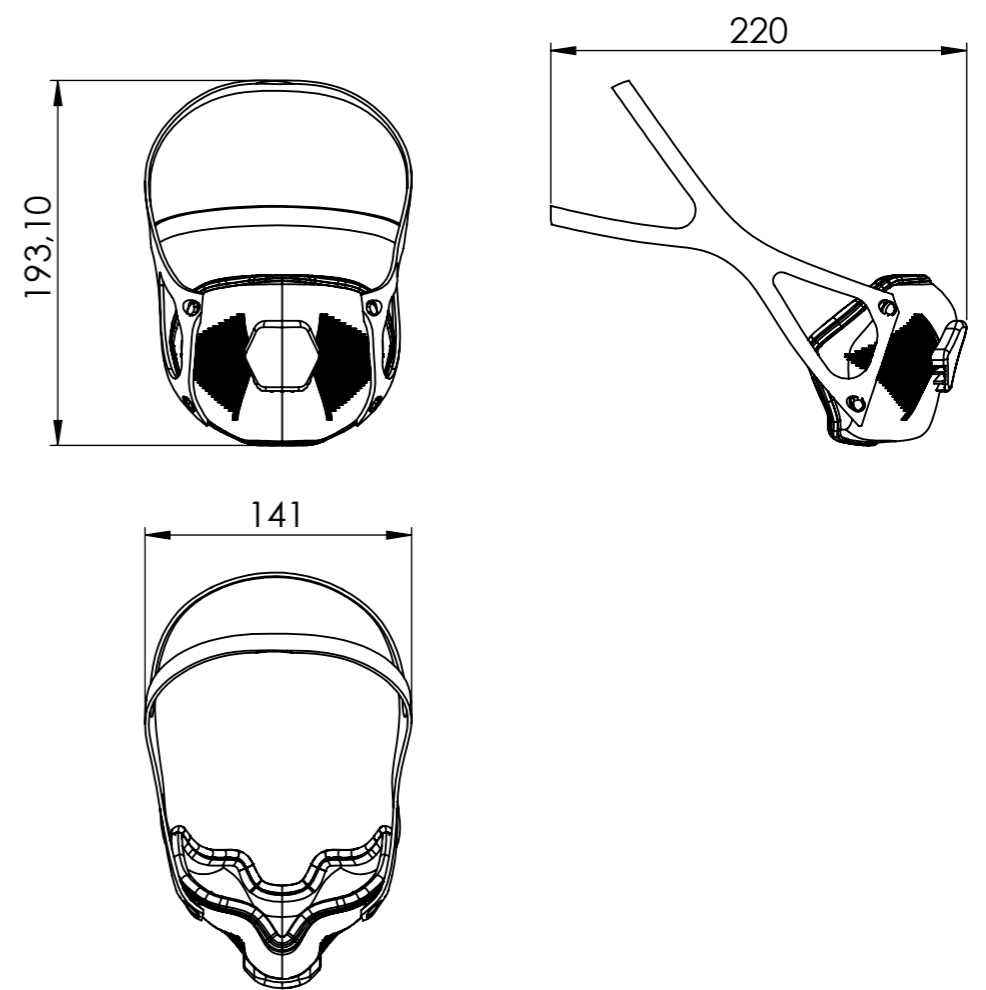
<https://www.blueair.com/us/blueair-families/classic>
<https://www.blueair.com/us/blueair-families/sense>
<https://www.blueair.com/us/blueair-families/pro>
<https://www.blueair.com/us/blueair-families/blue>
<https://www.studioroosegaarde.net/project/smog-free-project/info/>
<https://phys.org/news/2016-10-dutch-unveil-giant-vacuum-air.html>

Fontes das informações da Tabela 6:

<http://www.o2today.com/>
<https://www.airmotionlabs.com/>
<https://www.dezeen.com/2017/03/13/kilo-design-woobi-play-air-pollution-mask-protects-children-health-products/>
<https://www.vogmask.com/pages/technical-specs-test-results>
<http://totobobo.com/>
<http://respro.com/pollution-masks>
<https://www.icanbreathe.com/collections/all>
https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/All-3M-Products/Personal-Protective-Equipment/Disposable-Respirators/Safety/Worker-Health-Safety/?N=5002385+8709322+8711017+8711405+8720539+8720542+3294857497&rt=r3

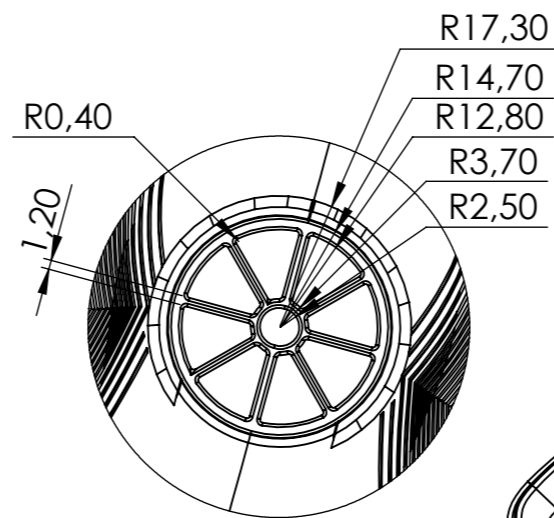
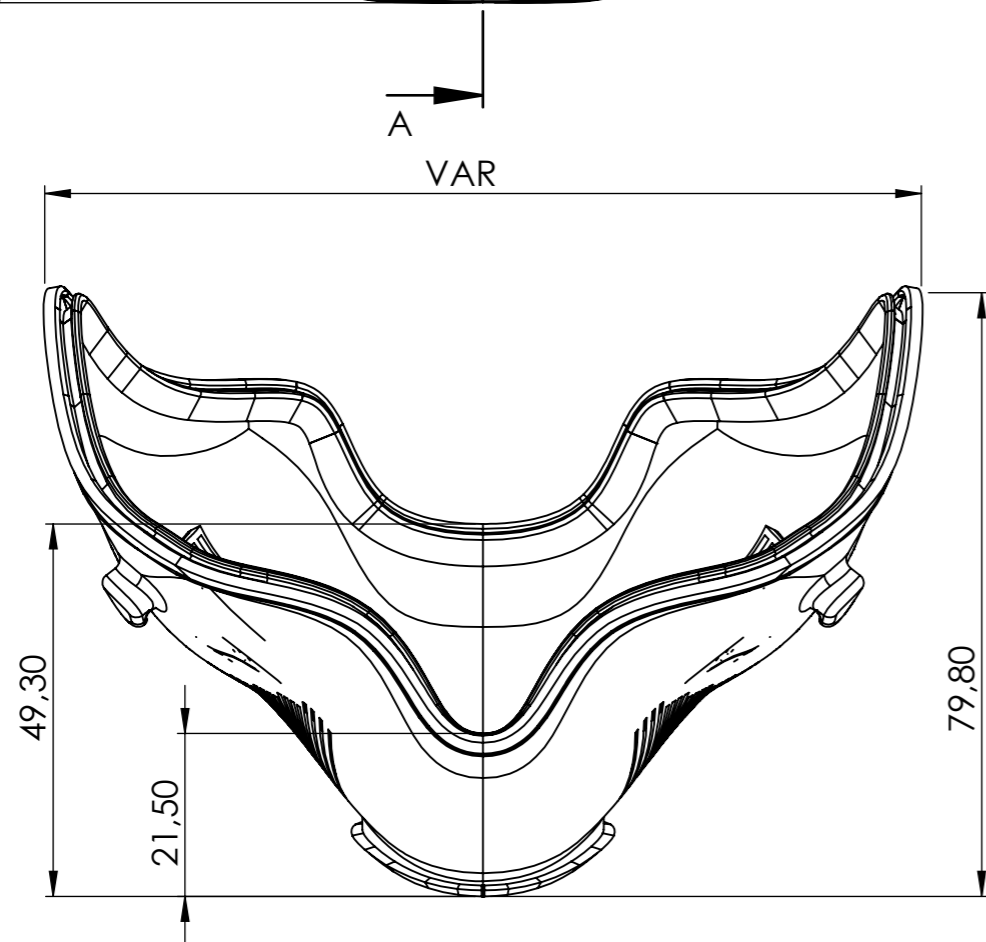
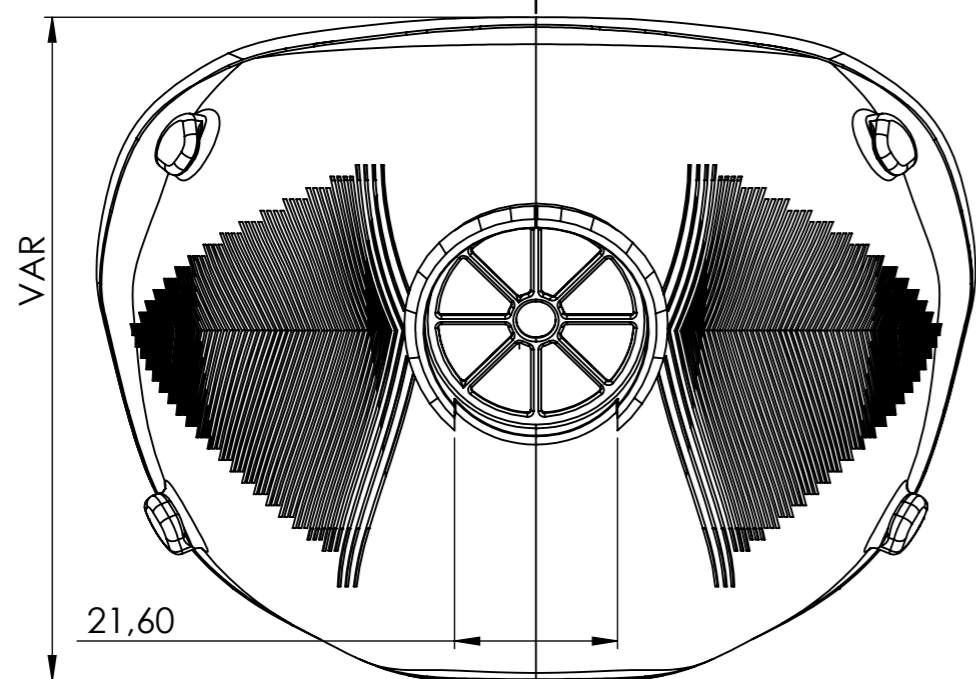


Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Corpo da Máscara	Impressão FDM em PLA	1
2	Borda	Impressão FDM em TPU	1
3	Filtro	Produção em série em Composto de Poteína de Soja e Celulose Bacteriana	2
4	Tampa	Impressão FDM em TPU	1
5	Tira	Corte Personalizado em Elástico Mara 75% Poliéster e 25% Elastodieno	1
6	Válvula	Peça Comercial	1



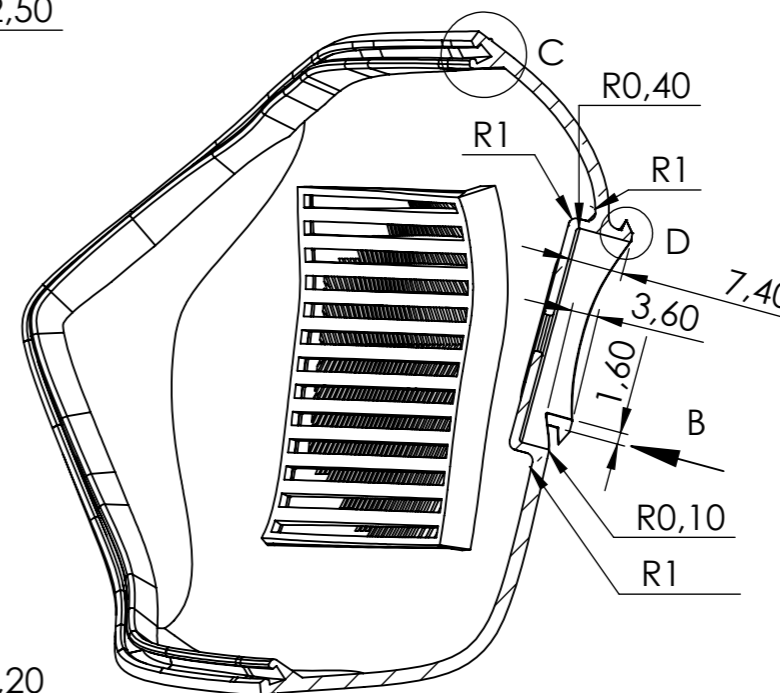
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO				
CLA - Escola de Belas Artes		Departamento de Desenho Industrial		
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto		
Título do projeto Respirador 3D Customizado para Ciclistas		Peça: Conjunto Respirador		
Autor Diogo Novaes Videira Poeira		EXCETO QUANDO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS	Norma ABNT A3	Diedro
Orientador Gerson Lessa		DATA: 06/08/2018	ESCALA: 1:4	FOLHA 1 DE 5

Nota: ranhuras
abertura de 0,5mm
espaçamento de 0,5mm

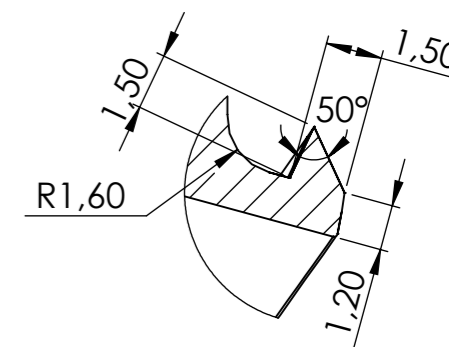


EXIBIR B

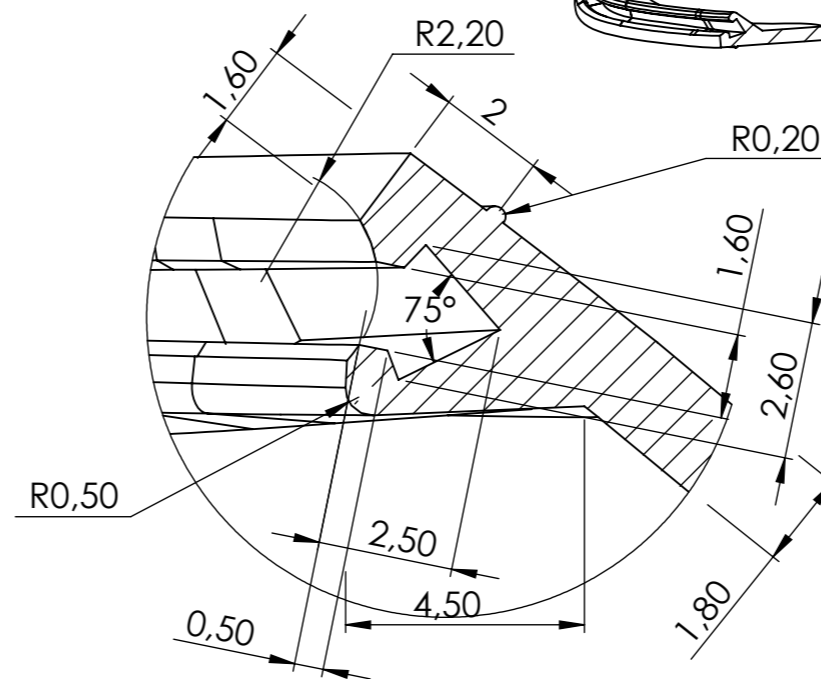
SEÇÃO A-A



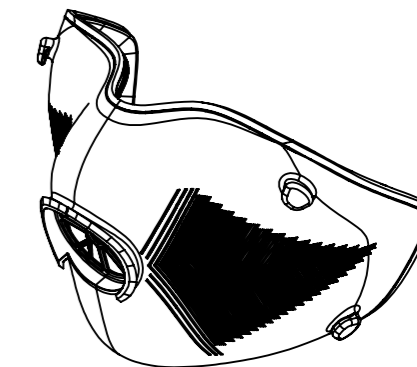
Nota: suporte de filtro
14 aberturas de 2mm
offset da face interna
do corpo de 2mm
espessura de 1,5mm
espessura das bordas
não fixas de +0,5mm



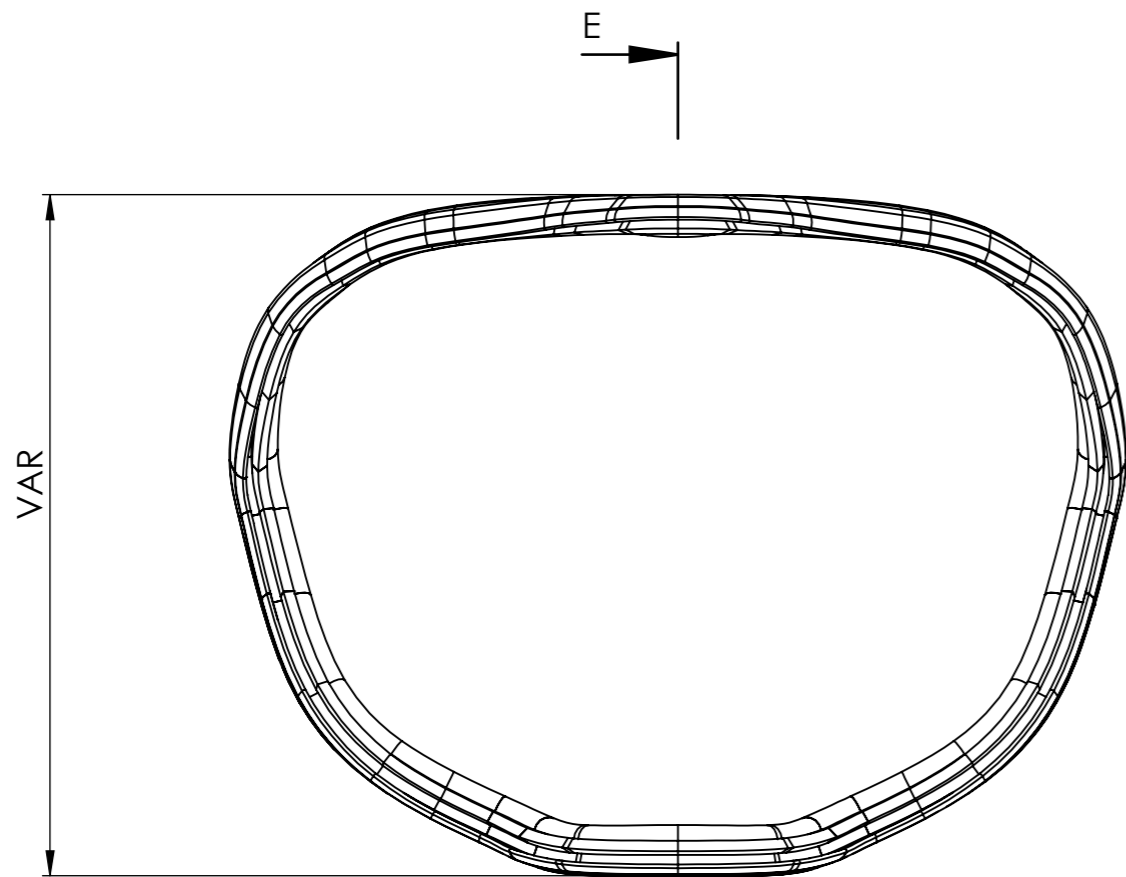
DETALHE D
ESCALA 5 : 1



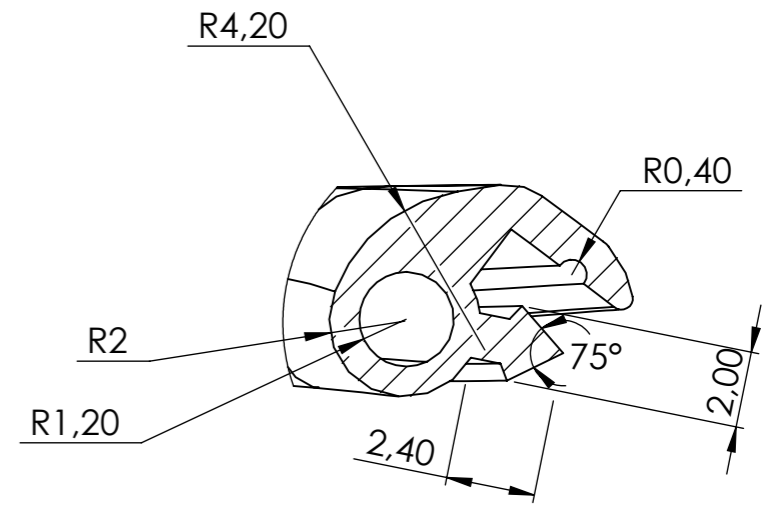
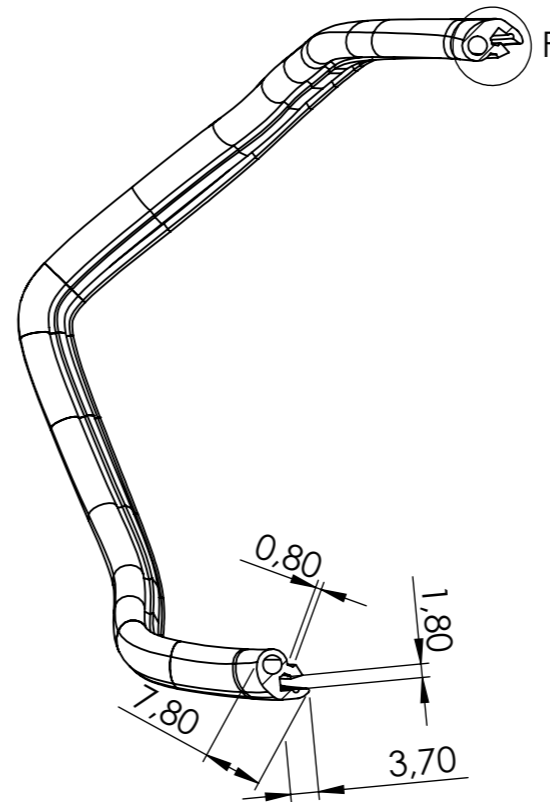
DETALHE C
ESCALA 7 : 1



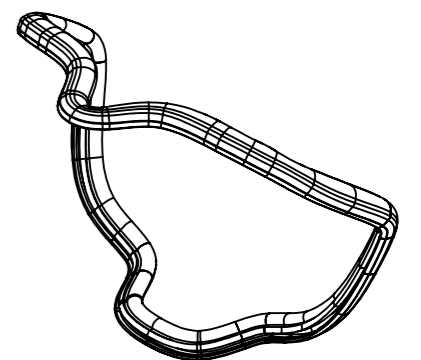
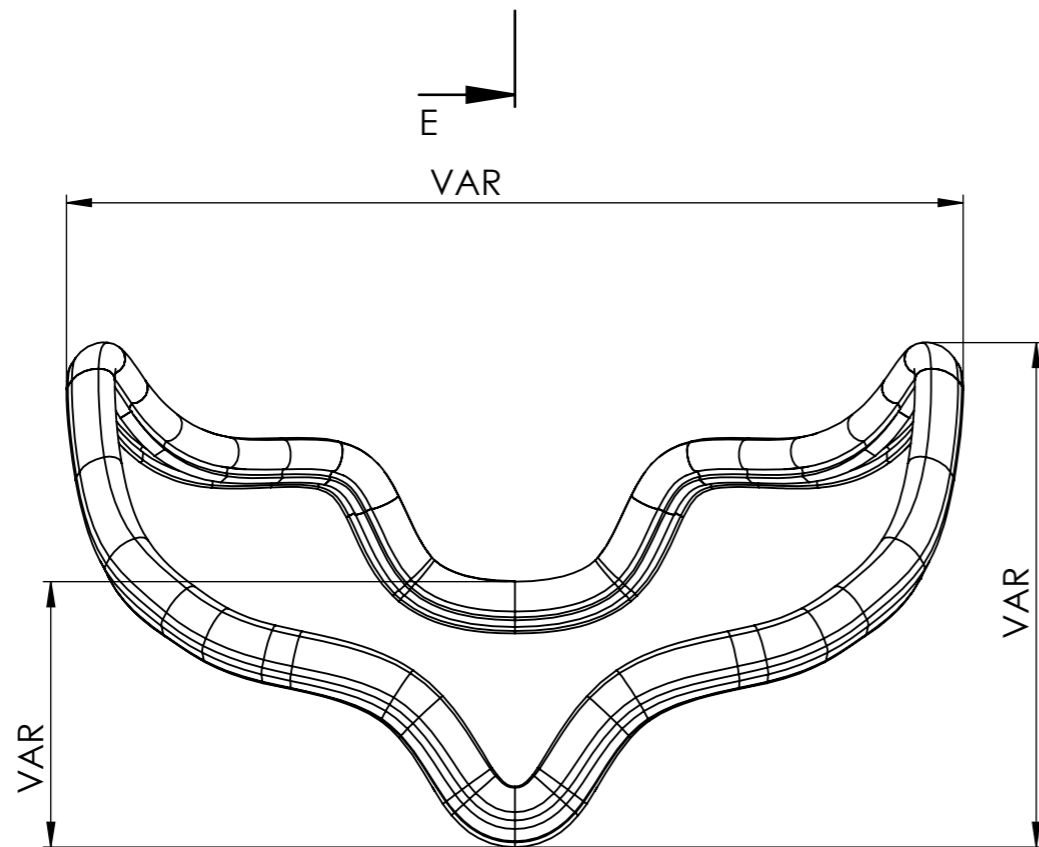
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO				
CLA - Escola de Belas Artes		Departamento de Desenho Industrial		
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto		
Título do projeto Respirador 3D Customizado para Ciclistas		Peça: Corpo		
Autor Diogo Novaes Videira Poeira		EXCETO QUANDO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS	Norma ABNT	A3
Orientador Gerson Lessa		DATA: 06/08/2018	ESCALA:1:1	FOLHA 2 DE 5
				Diedro



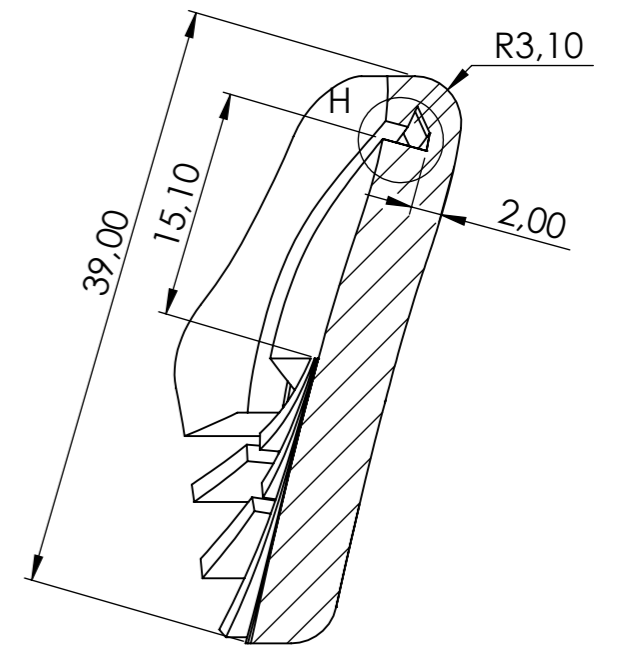
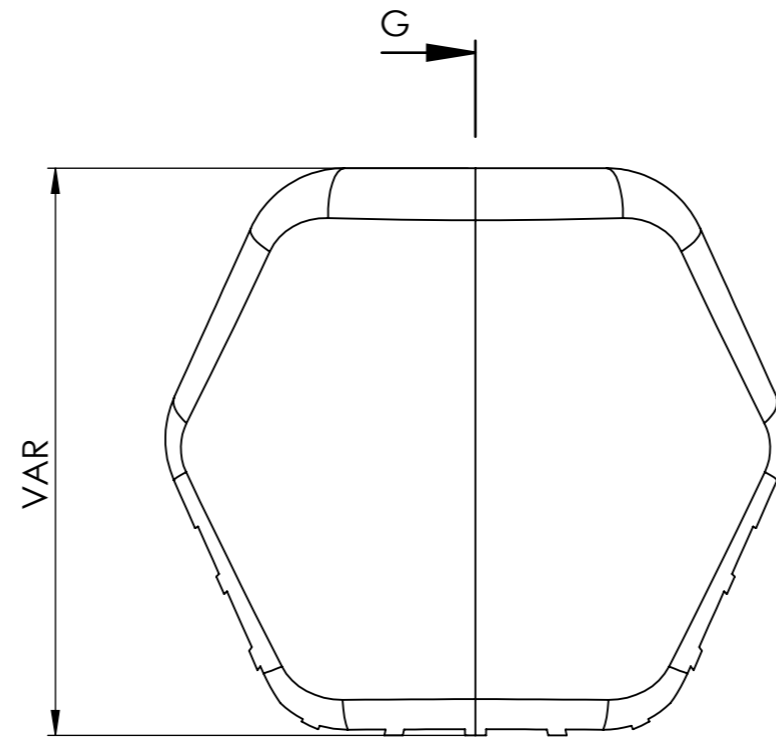
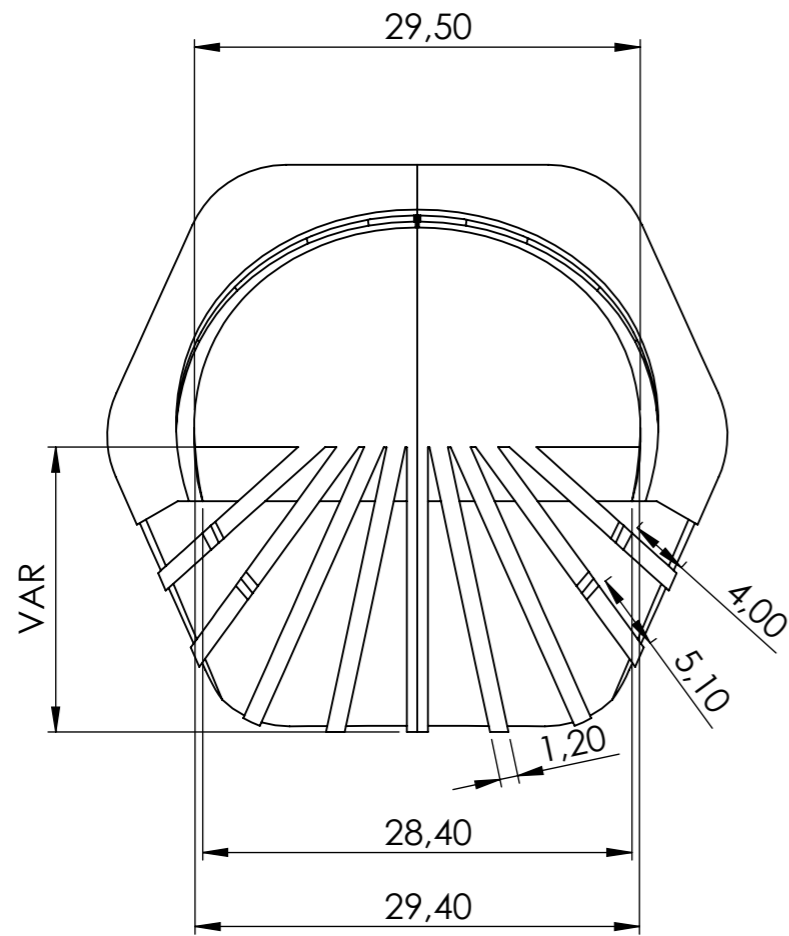
SEÇÃO E-E



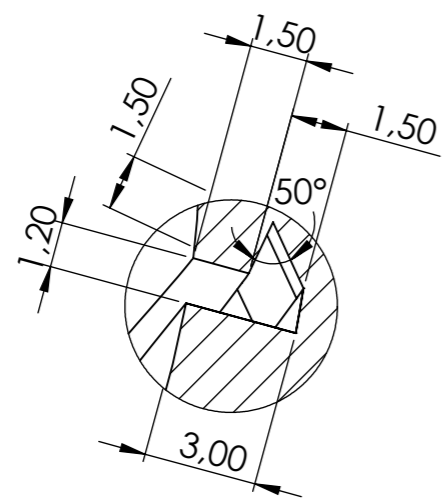
DETALHE F
ESCALA 5 : 1



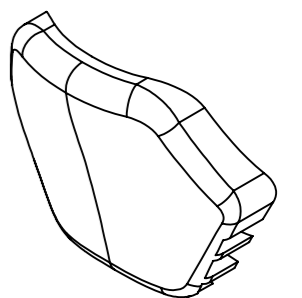
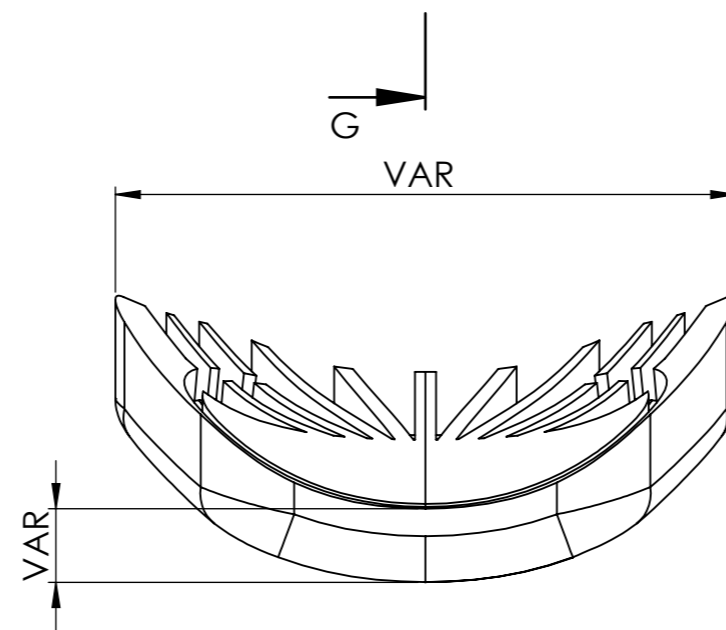
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO					
CLA - Escola de Belas Artes			Departamento de Desenho Industrial		
Curso de Desenho Industrial			Habilitação em Projeto de Produto		
Título do projeto Respirador 3D Customizado para Ciclistas			Peça: Borda		
Autor Diogo Novaes Videira Poeira		EXCETO QUANDO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS	Norma ABNT	A3	Diedro
Orientador Gerson Lessa		DATA: 06/08/2018	ESCALA: 1:1	FOLHA 3 DE 5	



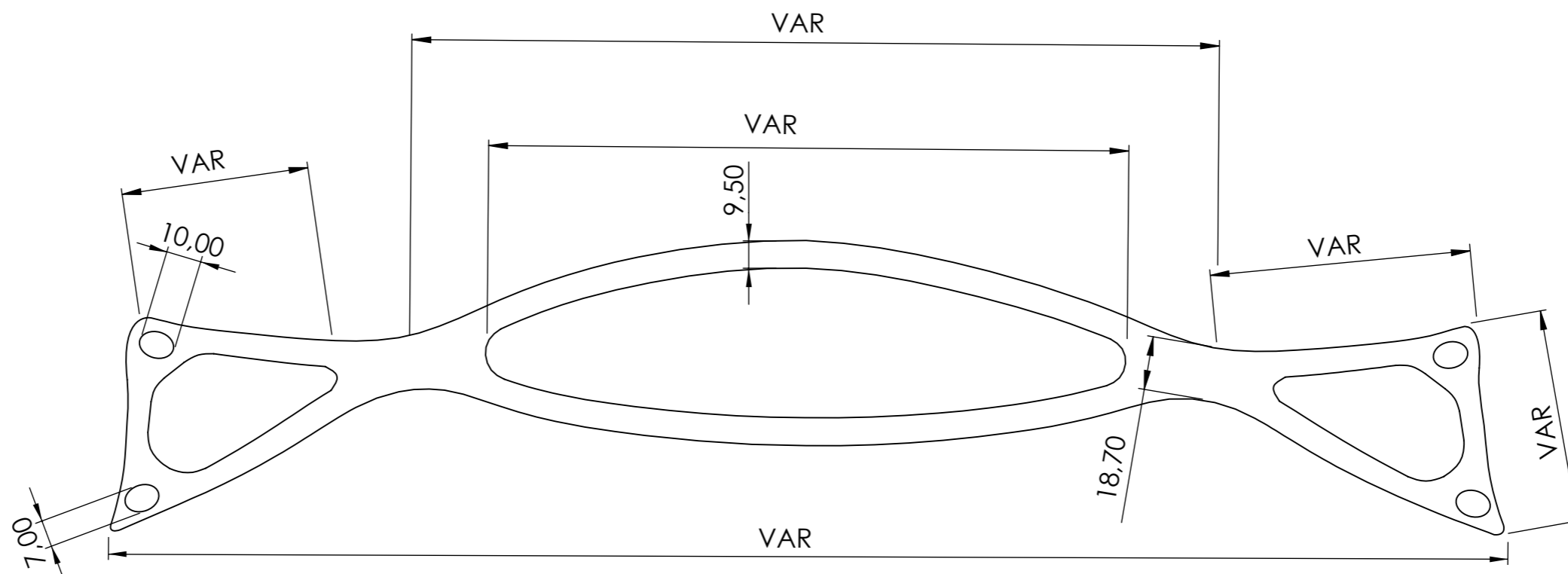
SEÇÃO G-G
ESCALA 2 : 1

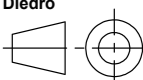


DETALHE H
ESCALA 5 : 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO					
CLA - Escola de Belas Artes			Departamento de Desenho Industrial		
Curso de Desenho Industrial			Habilitação em Projeto de Produto		
Título do projeto Respirador 3D Customizado para Ciclistas			Peça: Tampa		
Autor Diogo Novaes Videira Poeira			EXCETO QUANDO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS	Norma ABNT A3	Diedro
Orientador Gerson Lessa			DATA: 06/08/2018	ESCALA:2:1	FOLHA 4 DE 5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO			
CLA - Escola de Belas Artes		Departamento de Desenho Industrial	
Curso de Desenho Industrial		Habilitação em Projeto de Produto	
Título do projeto Respirador 3D Customizado para Ciclistas		Peça: Tira	
Autor Diogo Novaes Videira Poeira	EXCETO QUANDO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS	Norma ABNT A3	Diedro 
Orientador Gerson Lessa	DATA: 06/08/2018	ESCALA: 1:2	FOLHA 5 DE 5