

18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Protetores faciais por impressão 3D: aliando usabilidade e eficiência de produção em meio à pandemia da Covid-19

*3D printed face shields:
combining usability and production efficiency
amid the Covid-19 pandemic*

Hércules Manoel Monteiro Silva; Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco; UFPE
Rosimeri Franck Pichler; Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco; UFPE
Lucas José Garcia; Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco; UFPE

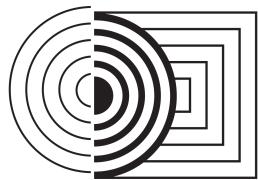
Resumo

Diante da pandemia causada pela Covid-19, os profissionais da saúde tiveram que intensificar os cuidados com Equipamentos de Proteção Individual, a fim de diminuir os riscos de contágio devido à exposição prolongada ao vírus. No entanto, principalmente no primeiro ano da pandemia, em diversos locais do país foi registrada a falta desses equipamentos. Desse modo, o presente artigo objetiva apresentar os resultados do projeto de desenvolvimento de protetores faciais por impressão 3D, no qual buscou aliar a satisfação dos usuários com a eficiência de produção, reduzindo tempo de impressão e quantidade de material. Para tanto, o desenvolvimento foi dividido em 3 etapas: pesquisa; ideação e prototipagem; e testes com usuários. Ao longo do projeto, foram desenvolvidos 6 modelos de protetores faciais a partir do modelo base Prusa RC3. Por meio dos diversos testes realizados na configuração formal do modelo e nos parâmetros de impressão 3D, evidenciou-se que o modelo final (ML6) proporcionou a otimização da produção dos protetores, obtendo considerável redução no tempo de impressão e material, aliado à satisfação dos usuários. Por fim, os testes e soluções provenientes da pesquisa, podem ser aplicados em projetos de outra natureza, nos quais se busca a otimização do tempo de impressão e a redução dos materiais, tendo em consideração o foco no usuário.

Palavras-chave: protetores faciais; impressão 3D; design centrado no usuário; usabilidade

Abstract

In the face of the pandemic caused by Covid-19, healthcare workers had to intensify their precautions with Personal Protective Equipment, in order to reduce the risks of contagion due to prolonged exposure to the virus. However, especially in the first year of the pandemic, the lack of this equipment was registered in several places in the country. Thus, this paper aims to present the results of the development project of facial protectors by 3D printing, which sought to combine the satisfaction of users with production efficiency, reducing printing time and amount of material. To this end, the



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

development was divided into 3 stages: research; ideation and prototyping; and testing with users. Throughout the project, 6 face protector models were developed from the base model Prusa RC3. Through the various tests performed on the formal configuration of the model and the 3D printing parameters, it became evident that the final model (ML6) provided optimization in the production of the protectors, obtaining considerable reduction in printing time and material, combined with user satisfaction. Finally, the tests and solutions resulting from the research can be applied in projects of another nature, in which the optimization of printing time and reduction of materials are sought, taking into account the focus on the user.

Keywords: face shields; 3d printing; user-centered design; usability

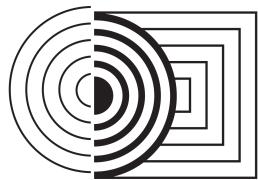
1. Introdução

Desde seu surgimento, o coronavírus (COVID-19), uma doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV-2, tem causado inúmeros impactos à sociedade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a propagação do vírus pode ocorrer através do contato com pequenas partículas líquidas da boca ou nariz de uma pessoa infectada, por meio de tosse, espirros, respiração ou fala. Além disso, o contato próximo pode resultar na inalação ou inoculação do vírus através da boca, nariz ou olhos (WHO, 2021b; WHO, 2020).

Os indivíduos que possuem maiores riscos de infecção são os que estão em contato próximo ou que cuidam de pacientes com COVID-19 (WHO, 2020). Assim, profissionais da saúde estão mais sujeitos a infecções devido ao trabalho próximo com pacientes com alta carga viral (SOUZA, 2020; SANTANA et al, 2020). Nesse sentido, a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), é recomendada pela OMS para profissionais de saúde que estão envolvidos no atendimento direto com pacientes, dentre eles: as luvas, máscaras e protetores faciais (WHO, 2021b; SOUZA, 2020).

Apesar disso, principalmente no primeiro ano da pandemia, houve uma escassez de equipamentos para estes profissionais, tanto no Brasil como no mundo. De acordo com um levantamento realizado pela Associação Médica Brasileira (AMB), entre os períodos de 19 de março a 30 de abril de 2020, foram registradas cerca de 3.376 denúncias de falta de EPIs em diversos centros de saúde de todo o país. Dentre os EPIs com mais carência estão as máscaras modelos N95 e PFF2, óculos e protetores faciais (*face shields*), capote impermeável, gorro, álcool em gel, luvas, entre outros (SOUZA, 2020).

Não obstante, mesmo que haja a possibilidade de disponibilização de EPIs suficientes para os profissionais, se faz necessário o projeto de EPIs adequados aos usuários, pois há evidências de que alguns equipamentos possam causar danos à pele (WHO, 2021b). Em conjunto a isso, no Brasil, concentrhou-se diversos relatos de precarização das condições de saúde e segurança dos profissionais, além das jornadas de trabalho ampliadas e exaustivas (RIBEIRO, et al., 2020). Corroboram com essas declarações, Santana et al. (2020, p. 5) ao afirmar que os profissionais



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

de saúde “[...] têm apresentado gatilhos específicos para o estresse”, devido as adversidades e causadas pelo contexto de enfrentamento da pandemia.

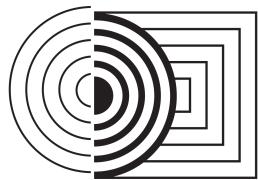
Nesse sentido, o olhar direcionado para o projeto de produtos que considere as reais necessidades e desejos desses profissionais, pode se tornar amenizador de alguns dos diversos estresses em que estão cercados. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados do projeto de desenvolvimento de protetores faciais por impressão 3D, que buscou aliar a satisfação dos usuários com a eficiência de produção, reduzindo tempo de impressão e quantidade de material. Para tanto, o trabalho apresenta aspectos teóricos voltados a Ergonomia e ao Design Centrado no Usuário. Por fim, são apresentados os resultados dos modelos e parâmetros de produção dos protetores faciais, bem como da análise e avaliação feita pelos usuários.

2. Referencial Teórico

Com origem interdisciplinar, a ergonomia é definida como uma disciplina científica que visa o estudo da adaptação do trabalho ao ser humano no sistema humano-máquina-ambiente. Do ponto de vista da ergonomia, o trabalho é considerado como qualquer situação que haja o relacionamento entre o ser humano e uma atividade produtiva (IIDA; GUIMARÃES, 2018; IEA, 2021). De forma característica, os problemas dos quais a ergonomia aborda são de natureza sistemática, no qual se utiliza uma abordagem holística de sistemas a fim de aplicar os conhecimentos de diversas disciplinas que sejam importantes para o projeto, além da avaliação de tarefas, ambientes, sistemas, trabalhos e produtos (IEA, 2021).

Iida e Guimarães (2018), afirmam que os estudos da ergonomia procuram entender os diversos fatores que atuam no sistema produtivo para que sejam reduzidas as decorrências prejudiciais sobre o trabalhador/ser humano. Assim, a promoção da saúde, segurança e satisfação do usuário durante a sua interação com o sistema são resultados dos objetivos da ergonomia (IIDA; GUIMARÃES, 2018). Compreende-se então, que a aplicação dos princípios ergonômicos no processo de design contribui para uma solução atrativa e amigável para o usuário (BRANDÃO, 2006).

Nesse contexto, Brandão (2006) afirma que projetos que possuem a integração de ambas disciplinas (design e ergonomia) possibilitam uma melhor relação entre o usuário e o produto, pois contribuem para “a qualidade de vida, aumentam o bem-estar e o desempenho dos produtos” (BRANDÃO, 2006, p. 43). Desse modo, surge o Ergodesign, que possui um “enfoque macroergonômica criativo que objetiva os atributos humanos e do sistema simultaneamente com a conceituação e desenvolvimento do design” (MORAES, 2013, p. 3). Por essa natureza, a Associação Internacional de Ergonomia (IEA), afirma que a ergonomia é uma ciência voltada ao projeto centrado no usuário (IEA, 2021).



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

A abordagem do Design Centrado no Usuário (DCU)¹ se baseia no uso de estratégias que envolvem o usuário com o objetivo de se fazer compreender as suas necessidades, desejos e experiências pela equipe projetual, para que essas informações sejam implementadas durante o desenvolvimento de um produto, sistema ou serviço. Assim, esse tipo de abordagem de design se destaca pois o foco do estudo é para quem a solução será desenvolvida, ou seja, o usuário (GIACOMIN, 2014). Nesse aspecto, a NBR ISO9241-210 ressalta que a utilização da abordagem de DCU proporciona benefícios para além dos usuários, uma vez que, os produtos resultantes tendem a serem mais bem-sucedidos, pois trazem também, benefícios econômicos e sociais para os empregadores e fornecedores (ABNT, 2011).

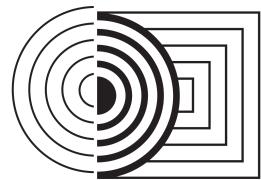
Nesse sentido, A NBR ISO 9241-210 elenca princípios para o desenvolvimento de projetos com a abordagem do DCU, são eles: a) o projeto é baseado em um entendimento explícito de usuários, tarefas e ambientes; b) os usuários estão envolvidos em todo o projeto e desenvolvimento; c) o projeto é conduzido e refinado por uma avaliação centrada no usuário; d) o processo é interativo; e) o projeto aborda a experiência do usuário como um todo; e f) a equipe de projeto inclui competências multidisciplinares (ABNT, 2011).

3. Metodologia

Essa pesquisa se classifica como de natureza aplicada, pois objetiva o desenvolvimento de uma solução para um problema; de abordagem qualitativa e objetivo descritivo. Como procedimentos técnicos, utilizou-se a aplicação de questionário online para avaliar a satisfação dos usuários. Desta forma, o projeto foi desenvolvido com abordagem centrada no usuário, organizado em 3 etapas (ISO 9241-210, 2011), a saber:

1. Pesquisa – compreendeu o levantamento e escolha do modelo base, a partir do qual, as novas soluções foram criadas. Nesta etapa, também foram estudadas as normas da Anvisa, dentre as quais cabe destacar a Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 356, de 23 de março de 2020, que dispõe, de forma extraordinária e temporária, sobre os requisitos para fabricação de dispositivos médicos de emergência de saúde pública relacionada ao SARS-CoV-2 (ANVISA, 2020).
2. Ideação e Prototipagem – compreendeu a geração de requisitos e alternativas de solução, seguido da modelagem das alternativas selecionadas no *software 3ds Max 2021*. O fatiamento do modelo foi feito no *Ultimaker Cura 4.6.1*. Os protótipos foram impressos em PLA, sem uso de mesa aquecida, na impressora *Anycubic i3 Mega*. Como parâmetros de análise, adotou-se: forma do produto (com testes de variações de altura no apoio para a testa, espessura das paredes e tipos de fixação do elástico e da viseira); bico extrusor: com testes de variações de diâmetros de bicos de extrusão (0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 milímetros); configuração de impressão: com testes de variações de velocidade e temperatura de impressão e altura de camada.

¹ Ou design centrado no ser humano.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

3. Testes com usuários – compreendeu a aplicação de questionário online criado no *Google Forms*, o qual teve como base o Modelo de Avaliação da Adequação Produto-Usuário proposto por Garcia (2017), sendo levantado aspectos relacionados a materialização, limpeza/higienização, comunicação, compatibilidade, força, dimensionamento, advertências, adaptabilidade e durabilidade. Utilizou-se escala de 1 a 5 para quantificar a satisfação do usuário em relação ao item avaliado, sendo considerado 1 (ruim) e 5 (ótimo). Cabe ressaltar que todos os respondentes concordaram com o termo de consentimento livre e esclarecimento presente no início do formulário.

Cabe ressaltar que as etapas 2 e 3 ocorreram de forma concomitante, sendo realizados testes com os usuários entre o desenvolvimento dos modelos de protetores faciais. Assim como consta nos princípios para o desenvolvimento de projetos com a abordagem do DCU, esse projeto foi desenvolvido com uma equipe de competência multidisciplinar, reunindo estudantes dos cursos de Design e Engenharia de Produção do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco.

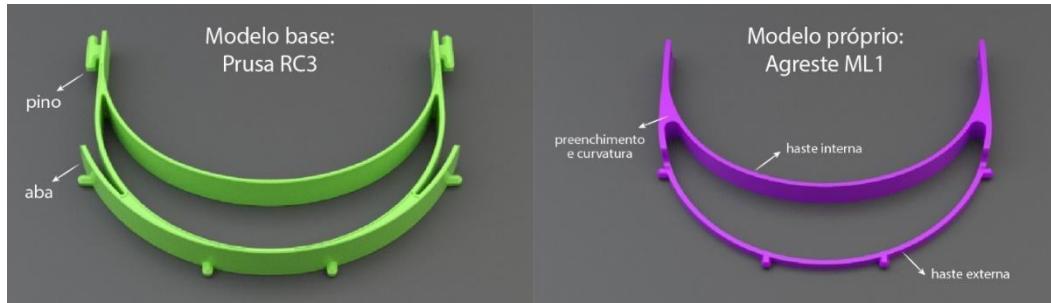
4. Resultados e Discussões

O modelo base adotado no projeto foi o *Prusa RC3*, desenvolvido pela fabricante de impressoras 3D *Prusa* e disponibilizado em repositório gratuito na internet. Esse modelo ficou conhecido e foi amplamente replicado para atender a demanda vigente de protetores faciais durante a pandemia da Covid-19 no mundo inteiro. A partir das pesquisas e normas consultadas, foram definidos os seguintes requisitos de projeto:

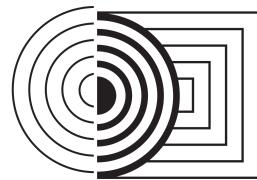
- Permitir adequação ao usuário, de forma que permaneça estável durante o uso;
- Faixas de fixação ajustáveis com no mínimo 10 milímetros de largura;
- Não apresentar saliências ou defeitos que causem desconforto ou acidentes;
- Visor frontal transparente e com dimensões mínimas de 0,5 milímetros de espessura e 240 milímetros de largura e altura.

Com base nos requisitos e no modelo base, foi desenvolvido um modelo próprio de protetor facial, denominado Agreste ML1 (Figura 1).

Figura 1 – Representação 3D do modelo base Prusa RC3 (esq.) e do modelo próprio Agreste ML1 (dir.).



Fonte: os autores.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

No modelo próprio, buscou-se reduzir as complexidades da peça, modificando a geometria das hastes, a fim de permitir uma impressão com menos caminhos a serem percorridos durante a impressão. Desta forma, os pinos para fixação do acetato ficaram juntos à haste externa do protetor, sem a necessidade de avançar com uma aba para dar o distanciamento, como é feito no modelo Prusa RC3.

Além disso, optou-se por reduzir a altura da haste externa, onde é fixada a viseira de acetato, mantendo a altura da haste que fica em contato com a testa do usuário. Reduziu-se também, a complexidade do pino de encaixe do elástico, substituindo o pino por uma perfuração nas extremidades do protetor facial. Por fim, o espaço entre as hastes foi preenchido, assumindo uma curva suave de união, a fim de reduzir acúmulos de sujeira e facilitar o processo de higienização pelo usuário.

Com o desenvolvimento do modelo Agreste ML1, realizou-se a avaliação da percepção de uso com profissionais da área da saúde, a fim de identificar problemas e possibilidades de melhorias na solução. Os resultados do questionário aplicado são apresentados no item a seguir.

4.1 Teste com os usuários

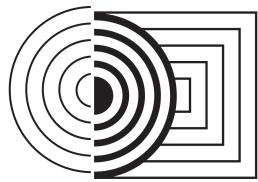
Participaram da avaliação da percepção de uso dos escudos faciais, 3 profissionais da saúde, um médico, um técnico em enfermagem e um enfermeiro, os quais atuam na área há 5, 10 e 11 anos, respectivamente (Quadro 1). Destes, 2 profissionais relataram utilizar óculos de proteção o tempo todo e 1 profissional relatou utilizar eventualmente, em associação ao protetor facial. Nenhum dos profissionais relatou possuir limitação de movimento, falta de força ou presença de tremores nas mãos.

Quadro 1 – Caracterização os profissionais participantes da pesquisa.

Caracterização dos profissionais participantes					
ID	Sexo	Idade	Atuação	Tempo de atuação (em anos)	Utilização de óculos durante o trabalho
01	M	37	Medicina	5	O tempo todo
02	F	37	Enfermagem	11	O tempo todo
03	F	37	Técnico em Enfermagem	10	Eventualmente

Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada.

A partir da análise das respostas, destacam-se os seguintes pontos. Quanto a **materialização**, foi considerada a percepção dos usuários em relação a adequação dos materiais do produto, acabamento e encaixes. Todos os usuários classificaram esse aspecto como positivo, atribuindo nível 5 (bom) para o modelo. No geral, por meio das respostas descritivas, percebe-se que o material foi considerado positivo, os trabalhadores relacionaram as respostas com outros



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

aspectos como a resistência do material, a facilidade de higienização e o resultado final do protetor.

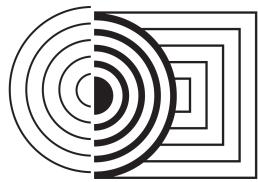
Em relação a **limpeza e higienização**, a maioria dos profissionais, cerca de 67%, classificaram o protetor como bom (nível 5), os demais 33% classificaram como nível 4. A maioria dos respondentes afirmou que não tiveram dificuldades com higienização, ressaltando a facilidade e praticidade da limpeza. A respeito da comunicação, 67% concordaram (nível 5) com a afirmação: é possível utilizar o produto sem a presença de informações prévias, tais como manuais ou etiquetas de uso. Nesse aspecto, nenhum dos profissionais afirmou sentir falta de alguma informação, embora um deles recomendou que: “pode conter a etiqueta na lateral” (Relato ID 01). Quanto a isso, o respectivo usuário não explicou o porquê, apesar de ter atribuído nível 5 (máximo) à afirmação sobre a comunicação. Apenas 1 usuária atribuiu valor 4 na escala para a afirmação, embora tenha relatado que não sentiu falta de nenhuma informação.

Quanto a **compatibilidade** dos protetores, aspecto relacionado com a facilidade de utilização e execução de suas funções de forma adequada, cerca de 67% dos respondentes, atribuíram nível 5 (bom). De forma geral, a maioria relatou uma boa experiência de uso com os modelos: “simples, com bom encaixe” (relato ID 02). Em relação se a demanda de força exercida para a utilização do produto se adequa às capacidades dos usuários, a maioria (67%) classificou como nível 5 (bom), e apenas um usuário (33%) classificou como nível 4. Quanto a seção descriptiva determinada a esse item, nenhum usuário relatou diretamente sobre a relação entre a força exercida e suas capacidades, do contrário, comentaram sobre a boa resistência do material, além de um relato sobre a experiência de utilização: “Só dificulta um pouco quando vou baixar um pouco a cabeça” (relato ID 03). Entretanto, a usuária não especificou qual a relação da dificuldade com a força exercida.

Acerca do **dimensionamento**, que se refere a avaliação do tamanho geral do produto e da distância da viseira em adequação ao uso do usuário, a maioria (67%) classificou como nível 5. Apenas um usuário relatou dificuldades com a visualização devido a viseira. Os demais, não relataram nenhum problema, e afirmaram a boa utilização da viseira junto aos óculos: “o uso de óculos foi perfeito” (relato ID 02), o que reforça a eficiência do modelo em relação a esse perfil de usuário.

Quanto a apresentação do protetor sem a identificação de possíveis perigos, nenhum participante sentiu falta de alguma **advertência/aviso** nos modelos. Assim, a maioria dos profissionais (67%) classificaram com nível 5 (bom) em relação se a forma em que produto é apresentado está adequado ao uso dos usuários. Apenas um usuário considerou como nível 4, o que corresponde a 33% do total.

Com relação a **adaptabilidade**, que consiste na capacidade do produto em ser adaptado, pelo usuário, caso ocorra algum problema de compatibilidade ou dimensionamento, a maioria (67%) considerou que o protetor possui adaptabilidade positiva, classificando como nível 5 (bom). No geral, a maioria declarou que não foi necessário realizar adaptações para a utilização do



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

produto, apenas um participante, comentou sobre o acréscimo de um elemento: “Só coloquei um pedaço de elástico e ficou bom” (relato ID 03). Apesar disso, a usuária não apresentou nenhuma justificativa para adaptação feita.

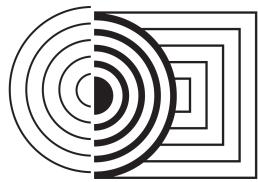
No que tange o aspecto relacionado a **durabilidade** dos protetores, não foi possível saber precisamente o tempo de duração, ou o tempo de utilização pelos usuários, pois a maioria afirmou que ainda estava utilizando o produto no momento da avaliação (registro das respostas). Embora, possa se presumir que a utilização dos protetores será por longos períodos, considerando a declaração de um dos usuários: “Ainda estou usando. Ele apresenta uma rachadura pequena na parte superior da viseira, talvez devido ao excesso de uso” (relato ID 03). Por tal motivo, no momento de registro das respostas, nenhum profissional havia feito o descarte do material, fazendo a reuso após seguir processos de higienização.

Com a escassez dos EPIs, a reutilização de protetores é indicada. Nesse sentido, a desinfecção com álcool 70 se torna uma prática frequente e recomendada (NOGUERA *et al.*, 2021). Em testes realizados com protetores similares, Noguera *et al.* (2021) comprovaram que a higienização com álcool 70% não representa riscos de danificação a nenhum dos materiais dos protetores, mantendo a integridade visual da viseira mesmo após 40 desinfecções. O mesmo tipo de higienização foi relatado pelas participantes, as quais não relataram nenhum evento adverso sobre.

Por meio da avaliação e dos relatos de utilização, observa-se que o modelo atendeu com satisfação os usuários. Nesse sentido, ressalta-se que as adaptações feitas seguiram os requisitos estabelecidos pela Anvisa (2020), pois possibilitou o uso de forma confortável, sem a presença de saliências ou extremidades afiadas passíveis de causarem acidentes, além da facilidade de utilização e adequação ao usuário, bem como os demais aspectos relacionados as faixas e ao visor frontal.

4.2 Desenvolvimento do modelo final

A partir da avaliação com os usuários em relação ao modelo Agreste ML1, foram realizadas novas alterações e adaptações, sendo desenvolvidos os modelos Agreste ML2, ML3, ML4, ML5 e o modelo final, ML6. Mediante o desenvolvimento de cada modelo, foram sendo realizadas modificações na forma do produto e realizados teste de impressão 3D, a fim de atingir os parâmetros com melhor custo benefício. Na Figura 2 é possível visualizar as reduções de peso, as variações de diâmetro do bico extrusor, velocidade e temperatura de impressão e altura da camada aplicada a cada modelo.



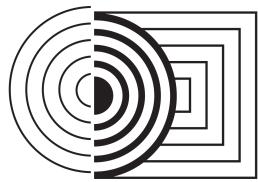
18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 2 – Relação entre o modelo base e os modelos desenvolvidos no projeto com e variáveis estimadas no software Ultimaker Cura 4.6.1.

Modelo	Tempo de impressão	Peso	Diâmetro do bico extrusor	Velocidade de impressão	Temperatura de impressão	Altura das camadas
 Prusa RC3	2h 32m	23g	0,4mm	50mm/s	200°C	0,3mm
 Agreste ML1	1h 17m	23g	0,4mm	50mm/s	200°C	0,3mm
 Agreste ML2	1h 23m	23g	0,4mm	50mm/s	200°C	0,3mm
 Agreste ML3	1h 36m	21g	0,8mm	50mm/s	200°C	0,3mm
 Agreste ML4	19m	21g	0,8mm	35mm/s	205°C	0,6mm
 Agreste ML5	18m	21g	0,8mm	35mm/s	205°C	0,6mm
 Agreste ML6	18m	20g	0,8mm	35mm/s	205°C	0,6mm

Fonte: Elaborado pelos autores, com base na pesquisa realizada.

Conforme observado na Figura 2, gradativamente houve uma redução significativa no tempo de impressão. Ao se utilizar o bico extrusor de 0,8mm, essa diferença foi ainda mais expressiva. Embora esse bico não seja indicado para produção de objetos com muitos detalhes, no caso dos protetores faciais, este bico permitiu uma boa qualidade de impressão, inclusive nas partes mais minuciosas, como os pinos para encaixe do acetato e nas extremidades de fixação do elástico.

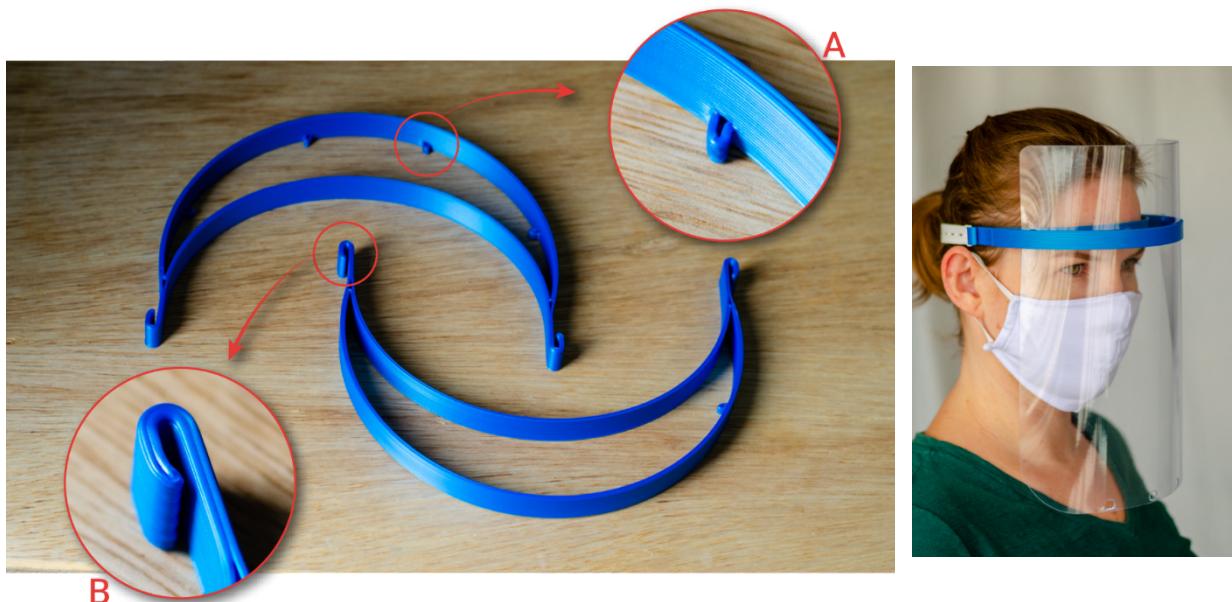


18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Assim, após sucessivos testes, optou-se por utilizar o bico extrusor de 0,8 milímetros, mesa aquecida desligada, velocidade de 35mm/s, temperatura de extrusão de 205°C e altura de camada de 6 milímetros. A utilização do bico extrusor de 0.8 milímetros permitiu impressões mais rápidas e com qualidade relativamente igual às impressões obtidas com o bico de 0.4 milímetros.

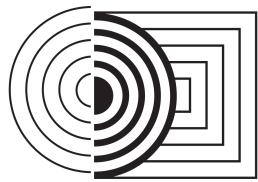
O modelo final Agreste ML6, consiste em um protetor facial com redução de tempo e material de produção. O modelo pode ser impresso em aproximadamente 18 minutos e pesa menos de 20 gramas. Desta forma, evidencia-se a otimização da fabricação dos protetores faciais, com redução considerável no tempo de impressão e insumo necessário. A Figura 3 demonstra a geometria final do modelo, com destaque para os pinos de fixação da viseira de acetato (Figura 3A) e das extremidades de fixação do elástico (Figura 3B).

Figura 3 – Detalhes do modelo Agreste ML6: pino de encaixe do acetato (A) e extremidade de fixação do elástico (B).



Fonte: os autores.

A redução do tempo de impressão e da necessidade de material, deve-se à impressão em modo espiral ou modo vaso. Neste tipo de configuração, a impressora se move continuamente ao redor do perímetro, avançando continuamente no eixo Z. De acordo com Da Silva (2018), nesse modo de impressão, além de reduzir drasticamente o tempo de impressão, também é vantajoso pois não deixa uma costura visível na peça, obtendo-se um acabamento superficial contínuo. Essa característica do modo de impressão atribuiu um aspecto linear que tornou a solução esteticamente agradável.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Com relação a extremidade de fixação do elástico, a geometria aplicada traz vantagens para a impressão em modo vaso, já que permite o movimento contínuo da extrusão, como também facilita a colocação do elástico e possíveis ajustes de tamanho. Para isso, o elástico, adquirido no mercado local, já possui cavidade equidistantes que se adaptam facilmente a extremidade de fixação.

Outra característica do modo vaso é a ausência de camadas sólidas no topo e na base da peça e a inexistência de preenchimento (0% de preenchimento), formando uma casca (DA SILVA, 2018). Devido a essa característica, no modelo Agreste ML6, os pinos de fixação do acetato foram posicionados na parte interna do protetor facial. Assim, as pequenas cavidades que se formam devido ao modo vaso, diminuem a exposição e possível acúmulo de sujeiras e vírus nessas cavidades.

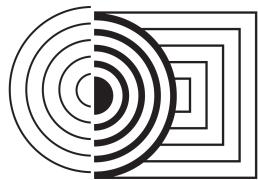
Com o desenvolvimento do modelo Agreste ML6, foi possível a produção de 1000 unidades de protetores em 4 semanas, utilizando 3 impressoras 3D. Os modelos produzidos foram entregues para a Secretaria da Saúde de Caruaru/PE, para Unidades de Saúde da região, para o Campus do Agreste e Campus de Recife da UFPE. De acordo com Novak e Loy (2020) o tempo médio de impressão de protetores faciais utilizados em iniciativas contra a pandemia é de 2 horas e 15 minutos (2h:15min), sendo o tempo de 46 minutos o menor tempo registrado por um dos modelos. Além disso, os autores ainda identificaram que as novas versões de modelos tendem a aumentar o tempo de impressão, caso constatado também no modelo desenvolvido da *Prusa*, onde a primeira versão possui um tempo menor de impressão do que a versão final (NOVAK; LOY, 2020). Nesse sentido, a descrição dos testes e configurações aplicadas no modelo final do protetor Agreste ML6, torna-se um importante relato para que iniciativas semelhantes possam ser desenvolvidas, buscando a otimização do tempo de impressão aliado a satisfação do usuário, contribuindo assim para as demandas sociais.

Ainda nesse sentido, Jorge *et al.* (2020), afirmam que apesar das diversas iniciativas de impressão 3D de protetores faciais para o setor da saúde durante a pandemia da Covid-19 no Brasil, existe “[...] uma carência de trabalhos científicos que apresentem modelos colaborativos para a produção de protetores faciais em impressão 3D” (JORGE *et al.*, 2020). Nesse aspecto, reforça-se a importância e contribuição social e científica do relato presente neste artigo.

5. Conclusões

O desenvolvimento do projeto teve como referência a abordagem de Design Centrado no Usuário, no qual foram apropriadas as etapas de prototipagem e teste. Como principal resultado, destaca-se o desenvolvimento de um modelo com tempo de produção reduzido, aliado aos requisitos essenciais para sua aceitação e utilização pelos usuários, como: conforto, facilidade de higienização e durabilidade.

Nesse sentido, a consideração da avaliação de utilização realizada pelos próprios usuários foi fundamental para garantir que o modelo inicial estava em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Anvisa, no que tange ao conforto do usuário, bem como aos aspectos



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

técnicos relacionados aos componentes do protetor. Após essa análise, a criação de novos modelos objetivou a redução do tempo de impressão e de material, por meio da configuração formal, além da realização de ajustes nos parâmetros de impressão. Desse modo, a etapa criativa do projeto, denominada de ideação, realizada em conjunto com a etapa de prototipagem, permitiu materializar as ideias e testá-las rapidamente para se proceder com ajustes. Cabe ressaltar que, nessa etapa criativa, a atuação de estudantes dos cursos de Design e Engenharia de Produção se mostrou valiosa, já que cada profissional trouxe sua expertise e contribui para diferentes aspectos do projeto.

Além disso, a prototipagem rápida viabilizada pela impressão 3D, foi fundamental nesta etapa do projeto. Nos diversos testes, ressalta-se como alterações mais importantes para a otimização da produção: 1 – a redução da complexidade formal das peças; 2 – a alteração do diâmetro do bico extrusor de 0,4mm para o de 0,8mm; e 3 – o uso do modo vaso de impressão, que permitiu uma agilidade ainda maior de impressão, aliado à boa qualidade e acabamento.

Desse modo, além da contribuição social de distribuição dos protetores faciais, o projeto contribui para a difusão científica por meio das descrições dos testes e configurações realizadas durante o desenvolvimento do projeto. Assim, podem surgir novas práticas que alinhem a otimização de tempo de impressão, a quantidade de produção e a satisfação do usuário.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Pernambuco pelo fomento via Edital Propesq nº 06/2020 e ao convênio nº 20.02.0600.0000759/2020-19, com o Ministério Público Federal do Trabalho. Ao Laboratório de Design Inclusivo (LabDIn) e ao Laboratório de Ergonomia do Produto, Processos e Ambientes (ErgoQG). Aos alunos voluntários: Lucas dos Santos Oliveira, Beatriz Holanda Oliveira, Hannah Beatriz de Oliveira Silva, Ronaldo Carlos da Silva, Alysson Giorgio Lopes de Carvalho, Victor Araújo de Paula e Hadna Ayonara Lira Guinho.

6. Referências Bibliográficas

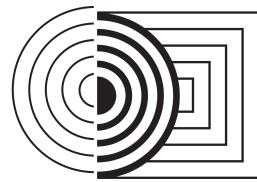
ABNT. **NBR 9241-11:** Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores. Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT. **NBR ISO 9241-210:** Ergonomia da interação humano-sistema. Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2011.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 356, de 23 de março de 2020. Disponível em:

http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/5809525/RDC_356_2020_COMP.pdf/fbe549f1-b74c-42e9-9979-2ab98cf55de2. Acessado em: 26 jun. 2020.

BRANDÃO, Eduardo Rangel. Publicidade on-line, ergonomia e usabilidade: o efeito de seis tipos de banner no processo humano de visualização do formato do anúncio na tela do computador e de



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

lembança da sua mensagem. **Dissertação** (mestrado). Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Artes e Design, 2006.

DA SILVA, A. F. B. M. Impressora FDM tipo Delta: estudo de impressão de cor e comparação de propriedades. **Dissertação** (Mestrado). Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2018.

GARCIA, Lucas José. Modelo Produto-usuário: uma ferramenta de avaliação da adequação produto-usuário para gestão de projetos. 2017. **Tese** (Doutorado em Design) Programa de Pós-Graduação em Design, UFSC: Florianópolis, 2017.

GIACOMIN, Joseph. What Is Human Centred Design? **The Design Journal**, v. 17, n. 4, p. 606-623, 2014.

IEA. What Is Ergonomics? International Ergonomics Association. Disponível em:
<https://iea.cc/what-is-ergonomics/>. Acesso em: 28 set. 2021.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. de M. **Ergonomia**: projeto e produção. Brasil: Blucher, 2018. v. 3ª edição.

JORGE, Eduardo Freitas, *et al.* Face Shield for Life 3D: produção colaborativa, usando a comunidade de makers, dos protetores faciais padrão RC3 para os profissionais de saúde em Salvador. **Cadernos De Prospecção**, v. 13, n. 2 COVID-19, p. 513-525, 2020.

MORAES, Anamaria de. Ergonomia, ergodesign e usabilidade: algumas histórias, precursores: divergências e convergências. **Ergodesign & HCI**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2013.

NOGUERA, Saidy Váscone et al. Disinfection of 3D-printed protective face shield during COVID-19 pandemic. **American Journal of Infection Control**, v. 49, n. 4, p. 512-515, 2021.

NOVAK, James I.; LOY, Jennifer. A quantitative analysis of 3D printed face shields and masks during COVID-19. **Emerald Open Research**, v. 2, 2020.

RIBEIRO, Adalgisa Peixoto et al. Saúde e segurança de profissionais de saúde no atendimento a pacientes no contexto da pandemia de Covid-19: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 45, 2020.

SANTANA, Neuranides et al. Segurança dos profissionais de saúde no enfrentamento do novo coronavírus no Brasil. **Escola Anna Nery**, v. 24, 2021.

SOUZA; Lorraine. Falta proteção, sobram riscos e angústia. In: ASSOCIAÇÃO MÉDICA BRASILEIRA - AMB. **JAMB**: Jornal da Associação Médica Brasileira. 2020. Disponível em:
https://amb.org.br/wp-content/themes/amb/revista-jamb/JAMB_Ed1413.pdf. Acesso em: 28 set. 2021.

WHO. World Health Organization. **Coronavirus disease (COVID-19)**. Disponível em:
https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1. Acesso em 29 set. 2021a.

WHO. World Health Organization. **COVID-19: Occupational health and safety for health workers**. 2021b. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-HCW_advice-2021.1. Acesso em: 30 set. 2021.

WHO. World Health Organization. **Rational use of personal protective equipment (PPE) for coronavirus disease (COVID-19): interim guidance**. 2020. Disponível em:
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/331498>. Acesso em: 29 set. 2021.