

HeLP: Desenvolvimento de máscara de proteção ocupacional contra a fumaça cirúrgica

HeLP: Development of occupational protection mask against surgical smoke

HeLP: Desarrollo de máscara de protección ocupacional contra el humo quirúrgico

Helenize Ferreira Lima Leachi¹

ORCID: 0000-0002-7792-3407

Renata Perfeito Ribeiro¹

ORCID: 0000-0002-7821-9980

¹Universidade Estadual de Londrina. Londrina, Paraná, Brasil.

Como citar este artigo:

Leachi HFL, Ribeiro RP. HeLP: Development of occupational protection mask against surgical smoke.

Rev Bras Enferm. 2023;76(Suppl 4):e20220647.
<https://doi.org/10.1590/0034-7167-2022-0647pt>

Autor Correspondente:

Helenize Ferreira Lima Leachi
E-mail: helenizeleachi@uel.br



EDITOR CHEFE: Dulce Barbosa
EDITOR ASSOCIADO: Carina Dessotte

Submissão: 02-11-2022 **Aprovação:** 20-02-2023

RESUMO

Objetivos: descrever uma inovação tecnológica do desenvolvimento de máscara de proteção ocupacional respiratória individual, ergonômica, sustentável e eficaz para trabalhadores expostos à fumaça cirúrgica. **Métodos:** pesquisa aplicada, exploratória com abordagem quantitativa, empregando métodos e ferramentas em *design: Sense Intent, Know Context, Know People, Frame Insights, Explore Concepts, Frame Solutions, Realize Offerings*, além das ferramentas do Processo de Desenvolvimento de Produtos. Foi desenvolvida no período de março de 2019 a dezembro de 2021. **Resultados:** a partir do molde da prototipagem, tornou-se possível a representação do abstrato para o físico, onde implementou os conceitos criados nas etapas metodológicas e realizou os ajustes necessários para a criação do modelo como uma inovação tecnológica em que terá o conceito para a comercialização do produto. **Conclusões:** foi desenvolvida uma máscara de proteção contra a fumaça cirúrgica (HeLP), desde a etapa de projeto até o desenvolvimento do protótipo, configurando-se uma inovação tecnológica. **Descritores:** Fumaça; Equipamento de Proteção Individual; Dispositivos de Proteção Respiratória; Poluentes Ocupacionais do Ar; Projetos de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.

ABSTRACT

Objectives: to describe a technological innovation in the development of an individual, ergonomic, sustainable and effective occupational respiratory protection mask for workers exposed to surgical smoke. **Methods:** applied, exploratory, quantitative research, using design methods and tools: *Sense Intent, Know Context, Know People, Frame Insights, Explore Concepts, Frame Solutions, Realize Offerings*, in addition to the Product Development Process tools. It was developed from March 2019 to December 2021. **Results:** from the prototyping mold, it became possible to represent the abstract to the physical, where all the concepts created in the methodological steps were implemented and the necessary adjustments were made to create the model as a technological innovation, which will have the concept for product commercialization. **Conclusions:** a mask for protection against surgical smoke (HeLP) was developed, from the design step to the prototype development, being a technological innovation.

Descriptors: Smoke; Personal Protective Equipment; Air Pollutants, Occupational; Respiratory Protective Devices; Technological Development and Innovation Projects.

RESUMEN

Objetivos: describir una innovación tecnológica en el desarrollo de una máscara de protección respiratoria ocupacional individual, ergonómica, sostenible y eficaz para trabajadores expuestos al humo quirúrgico. **Métodos:** investigación exploratoria aplicada con un enfoque cuantitativo, utilizando métodos y herramientas de diseño: *Sense Intent, Know Context, Know People, Frame Insights, Explore Concepts, Frame Solutions, Realize Offers*, además de las herramientas del Proceso de Desarrollo de Producto. Fue desarrollado de marzo de 2019 a diciembre de 2021. **Resultados:** a partir del molde de prototipado, se logró representar lo abstracto a lo físico donde implementó los conceptos creados en las etapas metodológicas y realizó los ajustes necesarios para la creación del modelo como innovación tecnológica en el cual tendrá el concepto para la comercialización del producto. **Conclusiones:** se desarrolló una máscara de protección contra el humo quirúrgico (HeLP), desde la etapa de diseño hasta el desarrollo del prototipo, configurando una innovación tecnológica.

Descriptorios: Humo; Equipo de Protección Personal; Contaminantes Ocupacionales del Aire; Dispositivos de Protección Respiratoria; Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación.

INTRODUÇÃO

Cirurgiões e trabalhadores da sala de cirurgia estão expostos a uma variedade de riscos ocupacionais, e entre eles está a poluição química presente no ar das salas cirúrgicas. Como exemplo, tem-se os materiais particulados em aerossol, presentes na fumaça cirúrgica, compondo a lista dos poluentes ocupacionais do ar⁽¹⁾.

A fumaça cirúrgica, formada pela queima de tecido durante a utilização do eletrocautério nos procedimentos cirúrgicos, contém produtos químicos na forma gasosa, partículas de células, bactérias e vírus⁽²⁾. Essas partículas podem atingir a zona de respiração de trabalhadores que estão próximos ao campo cirúrgico⁽³⁾.

A inalação de material particulado pelos profissionais expostos pode causar efeitos adversos aos sistemas circulatório, respiratório e nervoso, pois partículas de 10µm, ou menor, quando inalados, causam irritações e complicações a longo prazo⁽²⁾.

A cada ano, milhões de trabalhadores da saúde, incluindo cirurgiões e enfermeiros, estão expostos à fumaça cirúrgica, mas ainda não existe um consenso de regulamentação entre as organizações cirúrgicas e de saúde ocupacional internacional para dirimir a exposição dos trabalhadores ao material particulado presente na fumaça cirúrgica. Assim, o *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) e a *Association of periOperative Registered Nurses* (AORN) introduziram recomendações em relação ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), ventilação local e exaustão, bem como aspiração da fumaça cirúrgica no local da sua produção⁽⁴⁻⁶⁾.

Os EPI recomendados para a utilização nas salas de cirurgia durante os procedimentos que produzem a fumaça cirúrgica são máscaras N95 e óculos de proteção.

A máscara N95 é testada e considerada uma máscara de alta filtração⁽⁶⁾. No entanto, além dessa recomendação não ser requisito regulatório e o seu uso ser limitado a procedimentos considerados infectocontagiosos, há estudos que indicam que o vazamento que ocorre na utilização desta máscara causado pela vedação inadequada à face do usuário é a principal via de penetração das partículas da fumaça cirúrgica. Além disso, a mesma não captura gases e vapores, presentes na fumaça cirúrgica, pela falta do filtro para adsorção dos componentes químicos⁽⁷⁻⁸⁾.

Porém, máscaras cirúrgicas simples, que não são eficientes, pois não são projetadas para filtração de material particulado, são comumente utilizadas pelos trabalhadores das salas cirúrgicas⁽³⁾.

Além das questões citadas, tem-se a baixa adesão para a utilização dos EPI, que pode estar relacionada ao tamanho inadequado da máscara para cada tipo de rosto, a falta de recursos para a aquisição dos mesmos, o incômodo durante o seu uso e, principalmente, o desconhecimento do seu papel preventivo⁽⁹⁾. Além disso, o uso prolongado da N95 causa lesões na pele do rosto do usuário, devido à pressão que ela exerce na pele, além de que o material utilizado para a sua produção é inadequado ao contato da pele⁽¹⁰⁾.

Considerando que a máscara respiratória N95 apresenta desconforto aos profissionais que as utilizam, e a máscara cirúrgica simples e a N95 proporcionam a proteção questionada contra a fumaça cirúrgica, torna-se importante o desenvolvimento de uma máscara eficaz, ergonômica e sustentável para a proteção respiratória do trabalhador das salas cirúrgicas, além de maior acessibilidade para compra.

OBJETIVOS

Descrever uma inovação tecnológica do desenvolvimento de máscara de proteção ocupacional respiratória individual, ergonômica, sustentável e eficaz para trabalhadores expostos à fumaça cirúrgica.

MÉTODOS

Aspectos éticos

O presente estudo foi de desenvolvimento de um produto por meio de estudo da literatura disponibilizada. Assim, não foi necessária a apreciação por um Comitê de Ética e Pesquisa, em razão de não envolver pesquisa com seres humanos.

Delineamento de estudo

Trata-se de uma pesquisa aplicada, exploratória com abordagem quantitativa, a qual gera produtos para aplicação na prática, visando solucionar algum problema específico⁽¹¹⁾ encontrado pelas pesquisas realizadas pela *expertise* de pesquisadores.

Procedimento

Para o desenvolvimento do protótipo da máscara de proteção contra a fumaça cirúrgica, foi realizada uma pesquisa exploratória empregando métodos e ferramentas baseadas em *design*, constituída por sete etapas⁽¹²⁾, o qual tem a proposta de inovação, criando produtos e serviços, além de utilizar as ferramentas do processo de desenvolvimento de produtos⁽¹³⁾. A pesquisa foi desenvolvida no período de março de 2019 a dezembro de 2021.

O processo de inovação em *design* é um processo que se move de um lado para outro, ou seja, não é um processo linear. O quadrante inferior esquerdo representa a “pesquisa”, o superior esquerdo, a “análise”, por meio da qual são processadas as informações da realidade nos termos abstratos para criar os modelos mentais que impulsionarão a inovação. O quadrante superior direito é a “síntese”, e o quadrante inferior direito, a “realização”. Todos esses quadrantes combinados formam um modelo de processo formal para que sejam impulsionadas as inovações⁽¹²⁾.

Na descrição das etapas de todo o processo de construção e desenvolvimento do protótipo da máscara de proteção, optou-se por dar ênfase na exploração dos conceitos e na estruturação de soluções encontradas a cada momento desse desenvolvimento; portanto, as etapas seguidas para o desenvolvimento do protótipo, com os objetivos e a descrição das atividades de cada etapa, foram as seguintes:

Etapa 1: Sense Intent – Objetivo: reconhecer a realidade em relação às mudanças tecnológicas e da sociedade, para elaboração do projeto. Esta etapa compreende 4 subetapas: *Key Facts* - coleta de informações em pesquisas científicas para justificar o desenvolvimento desta inovação; *Busca de Patentes* - pesquisa em banco de patentes para identificar produtos semelhantes; *Trends Experts Interview* - busca por especialistas para identificar as tendências e os desenvolvimentos de produtos futuros; *Desenvolvimento do Projeto* - elaboração do projeto com os objetivos e metodologia que subsidiarão o projeto.

Etapa 2: Know Context – Objetivo: estudar o contexto, as circunstâncias ou eventos que afetam o ambiente em que os produtos são utilizados no mercado. Esta etapa compreende 4 subetapas: *Contextual Research Plain* - elaboração de um cronograma detalhado, com a apresentação do time de trabalho, canais de comunicação e reuniões; *Popular Media Research* - descobrir inovações realizadas sobre o contexto no cenário da mídia; *Publications Research* - realização de pesquisa de publicações sobre o tópico de interesse; *Innovation Evolution Map* - mostra a evolução da indústria ao longo do tempo.

Etapa 3: Know People – Objetivo: entender as pessoas, usuários finais ou outras pessoas interessadas e suas interações durante a vida diária. Esta etapa compreende 2 subetapas: *Research Participant Map* - ajuda a ter uma visão geral de todas as pessoas envolvidas no tópico do projeto, com base em suas funções e atividades, a fim de garantir que as pessoas certas sejam pesquisadas; *POEMS* - estuda as pessoas, objetos, ambiente, mensagens e serviços de um determinado contexto.

Etapa 4: Frame Insights – Objetivo: estruturar o que foi encontrado nas pesquisas e nos passos anteriores. Esta etapa compreende 3 subetapas: *Observations to Insights* - aprendendo com o que é observado na pesquisa, revelando significados; *Design Principles Generation* - transformar *insights* de pesquisas em declarações preditivas e viáveis para orientar a idealização; *Analysis Workshop* - conduzir uma seção de trabalho para entender *insights*, encontrar padrões e criar estruturas para idealizações.

Etapa 5: Explore Concepts – Objetivo: identificar oportunidades e explorar novos conceitos. Esta etapa compreende 5 subetapas: *Principles to Opportunities* - transição da análise para a síntese; *Persona Definition* - define a personalidade do usuário para explorar o conceito em torno deles; *Behavioral Prototype* - simular situações de atividades de usuário para entender comportamentos e construir conceitos iniciais; *Concept Prototype* - incorporar conceitos em formas tangíveis para obter *feedback* dos usuários; *Concept Sketch* - visualizar conceitos como esboço, para mostrar como eles funcionam em termos abstratos.

Etapa 6: Frame Solutions – Objetivo: estruturar soluções. Esta etapa compreende 2 subetapas: *Solution Prototype* - simular experiências em torno de soluções propostas; *Synthesis Workshop* - método de *brainstorming* estruturado com foco na geração de conceitos.

Etapa 7: Realize Offerings – Objetivo: quando as soluções potenciais são enquadradas e os protótipos testados e avaliados para a implementação. Esta etapa compreende 1 subetapa: *Pilot Development and Testing* - colocar as ofertas no mercado para aprender como elas funcionam e como os usuários as experienciam.

As etapas do desenvolvimento do protótipo de máscara foram alinhadas com as ferramentas do Processo de Desenvolvimento de Produtos⁽¹³⁾, o qual é a conexão com o mercado, onde identifica-se a necessidade para propor soluções. Assim, o processo divide-se

em três macros fases: o pré-desenvolvimento, o desenvolvimento e o pós-desenvolvimento.

A fase de pré-desenvolvimento garante o desenvolvimento do produto, mapeando detalhadamente o andamento do projeto e garantindo o direcionamento estratégico com a participação de todos os envolvidos. A fase de desenvolvimento, parte das informações obtidas da fase anterior, transforma-as em detalhes técnicos para a produção. E a fase do pós-desenvolvimento é o acompanhamento do produto no mercado, identificando as necessidades ou oportunidades de melhorias⁽¹³⁾.

Na fase do pré-desenvolvimento do produto, foi realizado um planejamento de trabalho, onde foi elaborado um cronograma detalhado das etapas, a realização de pesquisa em bases de dados e uma lista de requisitos necessários para a construção do projeto da máscara para proteção da fumaça cirúrgica, fundamentados pelas seguintes normas técnicas: não tecido para artigos de uso odonto-médico-hospitalar; não tecido para artigos de uso odonto-médico-hospitalar - determinação da eficiência da filtração bacteriológica⁽¹⁴⁾; artigos de não tecido de uso odonto-médico-hospitalar - máscaras cirúrgicas – requisitos⁽¹⁵⁾; equipamento de proteção respiratória – peça semifacial filtrante para partículas⁽¹⁶⁾.

Para o desenvolvimento do protótipo, foi necessário o trabalho multidisciplinar, pois o mesmo exige um processo complexo, demandando a visão de diferentes áreas de conhecimento, como enfermeiro, químico, especialista em toxicologia e especialista em *design* de produtos.

Portanto, para a elaboração do *design* do protótipo da máscara para proteção contra a fumaça cirúrgica, foi contratado um escritório de *design* industrial.

Todas as informações, para o desenvolvimento dessa inovação tecnológica, sendo um protótipo de máscara, foram obtidas com pesquisa na literatura, e levaram-se em consideração os resultados das pesquisas realizadas anteriormente pelo Grupo de Estudos em Gestão, Editoração Científica e Saúde do Trabalhador (GeeST).

RESULTADOS

Esta pesquisa teve o intuito de desenvolver uma inovação tecnológica para maior proteção e segurança para o trabalhador desenvolver suas atividades laborais, assim como apresentar a característica de um produto individual, ergonômico, sustentável e eficaz.

Assim, foram iniciadas as atividades na primeira etapa, *Sense Intent*, para a compilação de informações e abertura do projeto. Com as informações coletadas, foram elencados os requisitos necessários para a elaboração do protótipo, descritas no Quadro 1.

Após serem descritos os requisitos necessários para o desenvolvimento da máscara, iniciaram-se as fases *Know Context* e *Know People*, onde realizaram-se pesquisas de mercado e com pessoas para entender o contexto e os usuários. Conhecer as pessoas é adquirir compreensão dos pensamentos, necessidades e sentimentos, por meio da observação, interação e análise da sua vida diária, do seu cotidiano, revelando percepções, *insights* valiosos⁽¹²⁾. Desse modo, foi possível identificar os potenciais *insights* para serem utilizados nas fases de ideação e solução.

Quadro 1 - Requisitos necessários para o desenvolvimento de inovação tecnológica do protótipo de máscara para proteção contra a fumaça cirúrgica

Requisito do produto	Atributo	Especificação	Necessário ou desejável
Material deve permitir higienização por autoclavagem	Segurança	Sugestão: silicone	Necessário
Ser adaptável a diferentes tamanhos de rosto	Conforto e segurança	Ser de material maleável/adaptável	Necessário
		Ter opções de tamanho (P, M e G)	Desejável
		Deve possuir regulagem na cinta de fixação	Desejável
Permitir o uso por longos períodos sem causar danos ao rosto do usuário	Conforto	Ser de material maleável/adaptável	Necessário
		Fixação deve ser na cabeça e não nas orelhas	Necessário
		Pontos de maior pressão no rosto devem ser confortável	Necessário
Permitir comunicação entre os profissionais	Usabilidade	Material não deve isolar o som	Desejável
Deverá ser de uso individual e reutilizável	Usabilidade	Deve possuir filtro descartável	Necessário
Produto não deve assustar pacientes	Estética	Não deve possuir válvulas de expiração	Necessário
Sobre partes desmontáveis (norma ABNT NBR 13698:2011)	Segurança	Todas as partes desmontáveis (se existentes) devem ser facilmente conectadas e mantidas firmemente na peça, sem o uso de ferramentas	Necessário
Sobre acabamento (norma ABNT NBR 13698:2011)	Conforto	O acabamento de qualquer parte da máscara que entre em contato com o usuário deve estar livre de rebarbas ou cantos vivos	Necessário
Máscara deve vedar completamente no rosto	Segurança	Não apresentar aberturas entre a máscara e o rosto do usuário	Necessário
Deve ficar embaixo do queixo	Segurança	Manter a vedação	Necessário

Foram realizadas as pesquisas de mercado com o intuito de buscar informações para o planejamento do produto. Também foram adquiridas várias máscaras disponíveis no mercado, tanto de utilização para proteção do pessoal da saúde quanto para proteção de trabalhadores de indústrias. Na literatura, foram verificados os pontos de pressão das faces e dos tipos de faces. Para tanto, foi utilizada a ferramenta Pessoas, Objetos, Ambiente, Mensagem e Serviços (POEMS), apresentada na Figura 1.



Figura 1 - Ferramenta Pessoas, Objetos, Ambiente, Mensagem e Serviços (POEMS) para a utilização do desenvolvimento da máscara de proteção contra fumaça cirúrgica

A seguir, apresenta-se na Figura 2 o estudo dos pontos de pressão na face dos usuários.

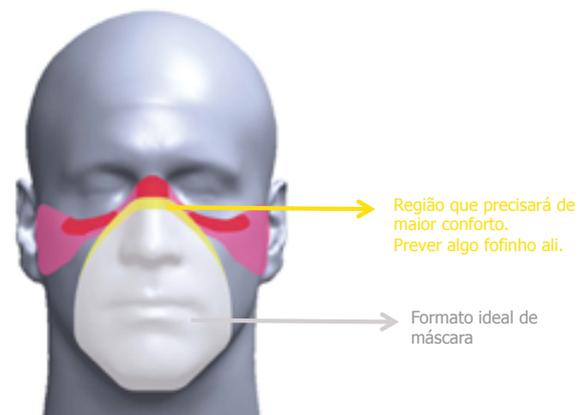


Figura 2 - Estudo dos pontos de pressão na face de usuários para o desenvolvimento do protótipo da máscara de proteção contra a fumaça cirúrgica

Após o estudo de faces, foi realizada uma simulação do uso das máscaras adquiridas no mercado em geral, pelos pesquisadores, para verificar os pontos fortes e fracos de cada máscara, e dessa forma, apresentar subsídios para o desenvolvimento do protótipo.

Nas etapas anteriores, discutiram-se o contexto e o entendimento dos usuários, obtendo conhecimentos e informações sobre o objeto de estudo. Após, iniciou-se a fase do *Frame Insights*, onde foram compreendidas as informações coletadas, transformando-as em interpretações úteis e concretas para o desenvolvimento do protótipo. A partir dessas informações e da análise dos requisitos

elencados para o desenvolvimento do protótipo, foi iniciada a fase *Explore Concepts*, onde foram definidas as soluções do projeto para, então, partir para a criação do produto. É a fase conhecida como a ideiação, que é o momento em que a equipe cria ideias centradas no usuário e no contexto estudado nas etapas anteriores⁽¹²⁾.

Iniciou-se essa etapa com o *Principles to Opportunities*, em que os *insights* observados fornecem uma boa estrutura para passar da compreensão à definição e exploração, para geração dos conceitos. É um método em que a transição das fases *Frame Insights* para a fase *Explore Concepts* se faz de maneira disciplinada, de modo em que os conceitos sejam fundamentados em dados de pesquisas objetivas ao invés de viesados por suposições subjetivas⁽¹²⁾. Assim, iniciou-se o esboço do material a ser desenvolvido, passando por todas as fases necessárias para a elaboração do mesmo.

Inicialmente, foi criada uma padronagem e realizada algumas sugestões baseadas nas informações coletadas, conforme apresentado na Figura 3.

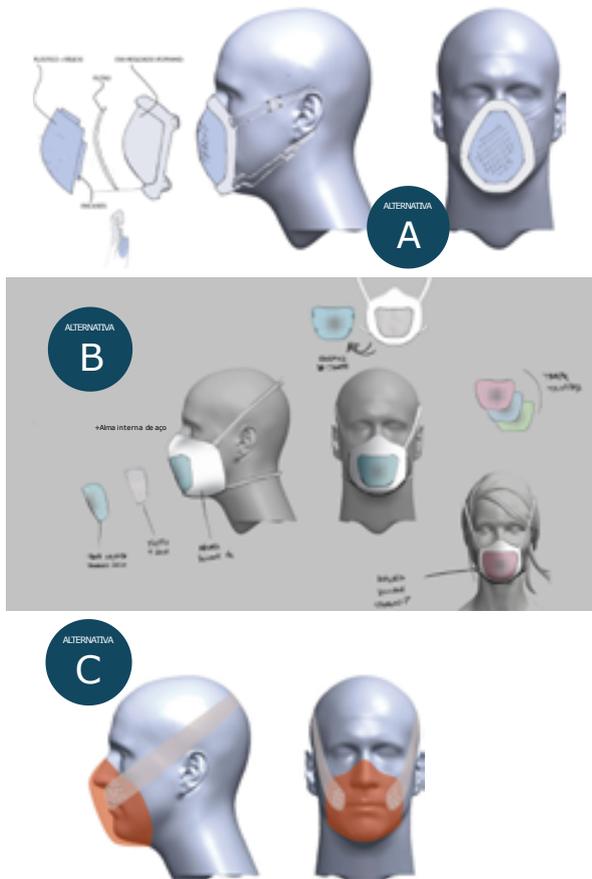


Figura 3 - Sugestões de *design* para o protótipo da máscara para proteção contra a fumaça cirúrgica

As sugestões foram ao encontro dos *insights* gerados e dos requisitos levantados na fase da coleta de informações. Assim, foi escolhida a alternativa B como proposta viável para alcançar o objetivo proposto nesse estudo. A partir dessa escolha, foi criado um modelo de protótipo, com materiais alternativos, para simular as funções pretendidas, por meio da observação e experiência do usuário, para validar ou invalidar as soluções propostas. As informações foram coletadas por meio da observação

e interação do usuário com o protótipo através de simulação de uso, registradas por fotos e anotações.

A partir do modelo de protótipo, onde tornou-se possível a representação do abstrato para o físico, pôde-se implementar os conceitos criados nas etapas anteriores e realizar os ajustes necessários para a criação do modelo de protótipo, o qual apresentará o conceito para a comercialização do produto.

A máscara tem a apresentação no tamanho P, M e G, conforme o estudo de face e dimensões publicadas na literatura⁽¹⁷⁾, porém, para a construção do protótipo, a apresentação é no tamanho M, porque é o que melhor se adequa às faces analisadas. O protótipo apresentou todos os requisitos selecionados e avaliados durante todo o processo de desenvolvimento.

A partir do molde da prototipagem, onde tornou-se possível a representação do abstrato para o físico, pode-se implementar os conceitos criados nas etapas anteriores e realizar os ajustes necessários para a criação do modelo de protótipo em que terá o conceito para a comercialização do produto, com seu dimensionamento, forma e componentes.

Primeiramente, o modelo possuía uma dimensão que, após realizada a primeira impressão do protótipo, verificou-se que necessitava de ajustes no campo onde é colocado o filtro, sendo aumentadas as dimensões.

Depois de todos os passos para o desenvolvimento de um produto de inovação tecnológica, foi criada a HeLP, uma máscara para proteção ocupacional respiratória para trabalhadores expostos à fumaça cirúrgica, conforme apresentado na Figura 4.

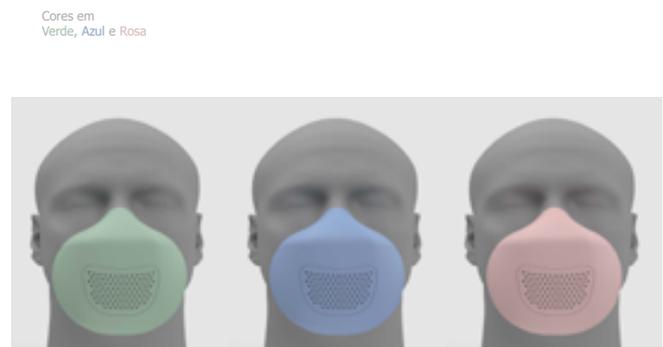


Figura 4 - HeLP, uma máscara para proteção ocupacional respiratória para trabalhadores expostos à fumaça cirúrgica

DISCUSSÃO

Com este estudo, desenvolveu-se uma máscara para proteção respiratória dos trabalhadores expostos à fumaça cirúrgica, evitando-se, desta forma, o possível desenvolvimento de doenças ligadas a esse risco químico.

O desenvolvimento de novos produtos que vão atender o mercado ou que vão gerar valor para a sociedade é chamado de inovação, entendida como a busca de novidade por meio de novos produtos, serviços ou métodos de produção⁽¹⁸⁾.

Nesse contexto, o produto é entendido como um conjunto de características palpáveis que possa ser consumido pelo mercado, suprimindo as suas necessidades⁽¹⁸⁾. A HeLP protege os trabalhadores que estão expostos aos riscos que a fumaça cirúrgica proporciona, como a inalação de produtos químicos tóxicos, além de ser um

produto que poderá suprir a necessidade do mercado, visto que as máscaras disponíveis no mercado não são fabricadas para esse tipo de proteção.

O processo de desenvolvimento de um produto é caracterizado por um processo sistemático que percorre algumas etapas para que se alcance o objetivo⁽¹⁸⁾. Dentre essas etapas, temos a prototipação do produto, que é a etapa em que a ideia passa do abstrato para o físico. Por meio do protótipo, as incertezas do projeto são eliminadas para que a solução da ideia final seja assertiva⁽¹²⁾.

Quanto ao material utilizado para o desenvolvimento do protótipo da máscara, optou-se em utilizar o poliuretano termoplástico (TPU), que é um filamento mais maleável, sendo o que mais se aproxima do material de silicone, material a ser utilizado para confeccionar a máscara. Com o TPU, pode-se verificar se os requisitos necessários elencados pelos pesquisadores foram todos contemplados.

Após pronta, a HeLP se encaixa bem a face dos pesquisadores, cobrindo todo o queixo e vedando a face. A tampa do filtro tem um tamanho adequado para facilitar a respiração, e o encaixe dessa tampa é feito com facilidade na máscara.

Para os testes sugeridos para a validação da máscara, próxima etapa de estudo, será feita em material de silicone ou de resina e terá o filtro com carvão ativado, pois o mesmo é capaz de adsorver os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos presentes na fumaça cirúrgica⁽⁷⁾, além de ser capazes de filtrar até 95% do material particulado.

Um ponto importante do desenvolvimento da máscara de proteção é que o material escolhido para a finalização foi o silicone ou a resina, que possibilitará a desinfecção e/ou esterilização; portanto, será reutilizada, contribuindo com a sustentabilidade e diminuição dos resíduos gerado em instituições da saúde.

O desenvolvimento de um novo produto de tecnologia e inovação é um processo complexo; portanto, como previsto, a última etapa será realizada diretamente no trabalhador das salas cirúrgicas.

Limitação do estudo

Sabe-se que, para o desenvolvimento de um produto, é necessário um processo complexo que demanda estudo, tempo, esforço, dedicação e recursos financeiros. Para o desenvolvimento

e confecção do protótipo da máscara, foram utilizados recursos financeiros da própria pesquisadora. Assim, não foi possível a realização do produto em material apropriado e a sua validação, como os testes de respirabilidade, vedação e conforto.

Contribuições para a área da enfermagem, saúde ou política pública

Espera-se que o produto gerado nesta pesquisa proteja os trabalhadores que estão em contato com a fumaça cirúrgica, a fim de evitar o desenvolvimento de doenças ligadas a este risco. Ademais, uma máscara de proteção mais confortável pode ser mais facilmente aderida pelos trabalhadores expostos, além de ser sustentável e possibilitar mais tempo de uso pelo mesmo trabalhador.

Esse avanço na ciência é necessário para que gestores e trabalhadores possam agir juntos em proteção da saúde dos expostos, no sentido de escolhas em relação aos EPI, tornando a sua implantação confiável e adequada aos envolvidos.

CONCLUSÕES

Com este estudo, foi descrito o processo de desenvolvimento da HeLP, uma máscara de proteção ocupacional contra a fumaça cirúrgica, desde a etapa de projeto até o desenvolvimento do protótipo, para a posterior testagem e confecção da máscara definitiva para proteção de trabalhadores expostos a fumaça cirúrgica.

Afirma-se que é possível, com o envolvimento da ciência, o desenvolvimento de uma máscara para proteção ocupacional de trabalhadores expostos à fumaça cirúrgica, para uso individual, passível de desinfecção, ergonômica e sustentável, podendo, dessa forma, aumentar a adesão ao seu uso, protegendo o usuário do desenvolvimento de doenças ligadas a essa exposição.

CONTRIBUIÇÕES

Leachi HFL e Ribeiro RP contribuíram com a concepção ou desenho do estudo/pesquisa. Leachi HFL e Ribeiro RP contribuíram com a análise e/ou interpretação dos dados. Leachi HFL e Ribeiro RP contribuíram com a revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito.

REFERÊNCIAS

1. Schramm MWJ, Sheikh AJ, Chave-Cox R, Mc Quaid J, Whitty RCW, Ilyinskaya E. Surgically generated aerosol and mitigation strategies: combined use of irrigation, respirators and suction massively reduces particulate matter aerosol. *Acta Neurochir*. 2021; 163:1819–1827. doi: <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04874-4>
2. Limchantra IV, Fong Y, Melstrom KA. Surgical Smoke Exposure in Operating Room Personnel: A Review. *JAMA Surg*. 2019; 154(10):960–967. doi: <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.2515>
3. Elmashae Y, Koehler RH, Yermakov M, Reponen T, Grinshpun SA. Surgical Smoke Simulation Study: Physical Characterization and Respiratory Protection. *Aerosol Sci Technol*. 2018; 52(1):38–45. doi: <https://doi.org/10.1080/02786826.2017.1373180>
4. National Institute Of Occupational Safety and Health (NIOSH). Control of Smoke from Laser/Electric Surgical Procedures. CDC, NIOSH Pub [internet]. 1996 [cited 2022 Oct 29]; 96–128. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/hazardcontrol/hc11.html>

5. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Laser / Electrosurgery Plume. US Department of Labor [internet]. 2021 [cited 2022 Jan 25]. Available from: <https://www.osha.gov/SLTC/laserelectrosurgeryplume/index.html>.
6. Association Of Perioperative Registered Nurses (AORN). Guideline for surgical smoke safety. In: Guidelines for Perioperative Practice. Denver, CO: AORN, 2018.
7. Rozzi T, Snyder J, Novak D. Pilot study of aromatic hydrocarbon adsorption characteristics of disposable filtering facepiece respirators that contain activated carbon. *J Occup Environ Hyg.* 2012; 9(11):624-9. doi: <https://doi.org/10.1080/15459624.2012.718943>
8. Gao S, Koehler RH, Yermakov M, Grinshpun SA. Performance of Facepiece Respirators and Surgical Masks Against Surgical Smoke: Simulated Workplace Protection Factor Study. *Ann Occup Hyg.* 2016; 60(5):608-18. doi: <https://doi.org/10.1093/annhyg/mew006>
9. Silva RKS, Castro RF, Muller DL, Anjos ES, Alves JM, Souza EL, Abreu AS, Polares AC, Freire DA, Azevedo AP. Medidas aplicadas para aumentar a adesão ao uso de EPI's entre profissionais da assistência a saúde. *Revista Feridas.* 2021; 09(50):1796-1803, 2021. doi: <https://doi.org/10.36489/feridas.2021vi50p1796-1802>
10. Coelho MMF, Cavalcante VMV, Moraes JT, Menezes LCG, Figueirêdo SV, Branco MFCC, Alexandre SG. Pressure injury related to the use of personal protective equipment in COVID-19 pandemic. *Rev Bras Enferm.* 2020; 4;73(suppl 2):e20200670. doi: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0670>
11. Gerhardt TE, Silveira DT. Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p.
12. Kumar V. 101 design methods: A structured approach for driving innovation in your organization. Hoboken, N.J: Wiley, 2013. 326p.
13. Rozenfeld H, Forcellini FA, Amaral DC, Toledo JC, da Silva SL, Alliprandini DH, Scalice RK. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para melhoria do processo. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2012. 542p.
14. Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT). Não tecido para artigos de uso odonto-médico-hospitalar – determinação da eficiência da filtração bacteriológica. NBR – 14873 [internet]. 2002 [cited 2022 jan 25]; 1-8. Available from: <https://www.abntcatalogo.com.br>
15. Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT). Artigo não tecido de uso odonto-médico-hospitalar – máscaras cirúrgicas - Requisitos. NBR – 15052 [internet]. 2004 [cited 2022 jan 25]; 1-19. Available from: <https://www.abntcatalogo.com.br>
16. Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT). Equipamento de proteção respiratória – peça semifacial filtrante para partículas. NBR – 13698 [internet]. 2011 [cited 2022 jan 25]; 1-24. Available from: <https://www.abntcatalogo.com.br>
17. Provenzano D, Rao Yj, Mitic K, Obaid Sn, Pierce D, Huckenpahler J, Berger J, Goyal S, Loew Mh. Rapid prototyping of reusable 3D-printed N95 equivalent respirators at the George Washington University. 2020. Preprints(v.1) [cited 29 oct 2022] doi: <https://doi.org/10.20944/preprints202003.0444.v1>
18. Grützmann A, Zambalde AL, Bermejo PHS. Inovação, Desenvolvimento de Novos Produtos e as Tecnologias Internet: estudo em empresas brasileiras. *Gestão & Produção.* 2019; 26(1):e1451. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1451-19>