

## FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE

**Camila Teixeira Neves**

**Avaliação da jornada de desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento remoto de oxigênio medicinal em um hospital escola do Nordeste brasileiro.**

RECIFE - PE

2022

## FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE

**Camila Teixeira Neves**

**Avaliação da jornada de desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento remoto de oxigênio medicinal em um hospital escola do Nordeste brasileiro.**

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Fisioterapia.

Sob orientação de Juliany Silveira Braglia César Vieira e co-orientação de Neciula de Paula Carneiro Porto Gomes

Versão final entregue em: 02/07/2022

RECIFE - PE

2022

## AUTORES

### ACADÊMICA

Camila Teixeira Neves

Acadêmica do curso de fisioterapia da Faculdade Pernambucana de Saúde – FPS. Email: [camila.t.neves@hotmail.com](mailto:camila.t.neves@hotmail.com) / Telefone: (81) 9.9499-5665

### ORIENTADORA

Juliany Silveira Braglia César Vieira

Doutorado em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco

Coordenadora de tutores da Faculdade Pernambucana de Saúde -FPS

Correio eletrônico: [julianyvieira@gmail.com](mailto:julianyvieira@gmail.com) / Telefone: 081-9 9696-7765

### CO-ORIENTADORA

Neciula de Paula Carneiro Porto Gomes

Doutorado em Saúde Materno Infantil no Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira - IMIP

Pós-doutoranda na Western University – Canadá

Coordenadora de pesquisa e Inovação da Salvus

Correio eletrônico: [neciula@gmail.com](mailto:neciula@gmail.com) / Telefone: 081 - 9 9236-6566

### COLABORADORAS

Rafaela Covello de Freitas

Mestre em Engenharia da Computação pela Universidade de Pernambuco - UPE

Correio eletrônico: [rafaela@salvus.me](mailto:rafaela@salvus.me) / Fone: 081-9 9898-7707

Greciane Soares da Silva

Doutorado em Saúde Internacional pela Universidade Nova de Lisboa - Instituto de Higiene e Medicina Tropical IHMT

Coordenadora setor de contas médicas IMIP

Fone: 081 992615255 / Correio eletrônico: [grecisoares@gmail.com](mailto:grecisoares@gmail.com)

## **FONTES DE AUXÍLIO**

Este estudo teve como auxílio bolsa do programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica da Softex Recife.

## **RESUMO**

**Objetivos:** Este estudo avaliou a jornada de desenvolvimento de um dispositivo IoMT de monitoramento remoto de oxigênio medicinal e sua possível aplicação em um hospital escola do nordeste brasileiro. **Métodos:** Estudo de caráter quantitativo descritivo, com componente analítico, realizado na UTI Pediátrica entre agosto de 2021 e fevereiro de 2022. Para realização de treinamentos dos profissionais de saúde para uso do ATAS O<sub>2</sub> e teste de sua usabilidade, a amostra foi delineada por conveniência. Quanto à jornada do oxigênio hospitalar, foram realizadas entrevistas com perguntas condutoras sobre o processo de compra e abastecimento e análise de planilha de rateio dos custos do oxigênio líquido enviada pelo setor de engenharia clínica. Aplicou-se questionário com 12 questões que avaliavam o treinamento e a usabilidade do dispositivo. O banco de dados dos questionários foi armazenado no Microsoft Office Excel 2016 e a análise estatística no programa Rstudio Cloud, sendo a associação entre as variáveis avaliada pelo teste Qui-Quadrado. **Resultados:** Na planilha de rateio foi verificada que a divisão do oxigênio

hospitalar foi realizada através de um percentual de distribuição para cada setor, onde o total de metros cúbicos ( $m^3$ ) da nota foi multiplicado pelo valor do  $m^3$  de oxigênio. A UTI pediátrica recebeu 6% do valor total de cada nota fiscal, correspondente ao valor de R\$ 46.554,77. Foram treinados 60% (59) dos profissionais da UTI, e 49 deles responderam ao questionário. A maioria dos profissionais (87,75%) concordou que o equipamento foi de fácil manuseio. No entanto, para aqueles que afirmaram ter dificuldade no manuseio (48,98%) do dispositivo, 59,18% apontaram a regulação do fluxo com um fator de dificuldade ( $p < 0,05$ ). O feedback dos testes de usabilidade na UTI pediátrica contribuiu para o melhor desenvolvimento da tecnologia IoMT, sendo estes resultados avaliados pelos engenheiros da Startup para correção do problema relatado. **Conclusão:** Existem fragilidades no monitoramento e gerenciamento financeiro do oxigênio medicinal neste hospital devido a complexidade de se computar integralmente e precisamente toda a jornada do oxigênio hospitalar de forma manual. O desenvolvimento do dispositivo IoMT ATAS O<sub>2</sub> associado ao feedback e treinamento ativo dos profissionais de saúde, poderá ser uma solução inovadora para automatizar a gestão clínica e econômica do oxigênio em tempo real e assim garantir gerenciamento mais eficiente do oxigênio medicinal.

**Palavras-chave:** Avaliação de Tecnologias em Saúde, oxigênio, Internet das coisas, Gestão em saúde, desenvolvimento tecnológico, oxigenoterapia.

## **ABSTRACT**

**Objective:** This study assessed the development journey of an IoMT device for remote monitoring of medical oxygen in a teaching hospital in northeastern Brazil. **Methods:** Descriptive quantitative study, with an analytical component, that took place in the Pedi-

atric ICU of a teaching hospital in the northeast of Brazil, between august of 2021 and Avenida Mal. Mascarenhas de Moraes, 4861, Imbiribeira, Recife-PE | CEP: 51.150-000  
81 3035.7777 | 81 3312.7777

february of 2022. To train the health professionals in the use of ATAS O2 and test its usability, the sample was by convenience. Regarding the hospital oxygen journey, interviews were conducted with guiding questions about the purchase and supply process and later analysis of the liquid oxygen cost division spreadsheet sent by the clinical engineering sector. A questionnaire with 12 questions was applied to assess the training and usability of the device. Data from the questionnaires were stored in Microsoft office Excel 2016, and statistical analysis was performed using the Rstudio Cloud program and the Chi-Square Test. **Results:** In the analysis of the division worksheet, it was verified that the division of oxygen in the hospital is done through a percentage of distribution for each sector and that the total of cubic meters ( $m^3$ ) of the note is multiplied by the value of the  $m^3$  of oxygen to reach the values found. The pediatric ICU receives 6% of each invoice, corresponding to R\$ 46.554,77. In the usability tests, 60% (59) of the ICU professionals were trained, and 49 questionnaires were collected. Most professionals (87,75%) agreed that the equipment was easy to handle. However, for those who said they had difficulty handling the device (48.98%), 59,18% indicated flow regulation with a difficulty factor ( $p < 0,05$ ). The results of the tests in the ICU contributed to the IoMT technology development and provided data on the usability of the device, then used by the engineers of the startup to make adjustments, correcting the reported problem. **Conclusion:** There are weaknesses in the monitoring and financial management of medical oxygen in this hospital due to the complexity of fully and accurately computing the entire hospital oxygen manually. The development of the IoMT ATAS O2 device, combined with the feedback and active training of healthcare professionals, could be an innovative solution to automate the clinical and economic management of oxygen in real time and ensure more efficient management of medical oxygen.

**Key-words:** Health Technology Assessment, oxygen, Internet of Things, Health Management, Technological Development, oxygen therapy.

## 1. INTRODUÇÃO:

O oxigênio como recurso terapêutico tem sido extremamente importante no tratamento de várias patologias que acometem pacientes de todas as faixas etárias. Além do uso em quadros de insuficiência respiratória agudas e crônicas, pode ser utilizado para a realização de cirurgias com anestesia geral, na recuperação pós-operatória, ou em procedimentos de emergência, como ressuscitação, traumas extensos, infarto agudo do miocárdio, dentre outros <sup>1-4</sup>. Logo, na atualidade, a oxigenoterapia é considerada uma das intervenções terapêuticas mais demandadas em hospitais e tende a crescer <sup>5</sup>.

Na população infantil o oxigênio medicinal é usado principalmente para o tratamento da insuficiência respiratória, e com objetivo de corrigir a hipoxemia usando a menor fração inspirada de oxigênio possível <sup>3-4</sup>. As infecções agudas do trato respiratório são uma das principais causas de morbidade e mortalidade em crianças abaixo dos cinco anos de idade em países com baixa renda, estima-se que 4,3 milhões de crianças nesta faixa etária morreram com infecções do trato respiratório. A pneumonia, em particular, foi nomeada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como a maior causadora de morte infantil no mundo <sup>6,7</sup>. O oxigênio suplementar também ajuda a aliviar os sintomas associados à hipoxemia nas diversas afecções agudas e crônicas que afetam o trato respiratório da população pediátrica e neonatal <sup>3,7-11</sup>. Importante mencionar que a hiperóxia (altas concentrações de oxigênio nos tecidos) causa efeitos deletérios ao organismo, principalmente em pacientes neonatos pré-termo (antes da 37ª semana de gestação) <sup>3,9</sup>. Pode ainda levar a diversas doenças como displasia broncopulmonar e retinopatia da prematuridade e contribuir para a lesão pulmonar contínua, através da formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) <sup>11-12</sup>. Portanto, é imperativo que a oxigenoterapia seja fornecida em níveis precisos com a menor FIO<sub>2</sub> especialmente na população neonatal e pediátrica.

Assim, o oxigênio suplementar deve ser titulado corretamente para manter a saturação de oxigênio em níveis normais, conforme indicado pela oximetria de pulso ou gasometria arterial. Os riscos da oxigenoterapia devem ser considerados para evitar a dosagem inadequada assim como em outras terapêuticas. Retirar um paciente do oxigênio antecipadamente é prejudicial, e fornecê-lo em excesso ou sem indicação pode prolongar hospitalização, piorar prognóstico e causar mais danos.

Além das consequências clínicas, não se pode deixar de considerar as grandes implicações financeiras da má administração do oxigênio medicinal. Estudos estimam que os gastos decorrentes apenas de uma gestão ineficiente do gás e a vazamentos podem chegar a 66% do consumo total <sup>13</sup> e a custar R\$ 300 mil (7000 €/ano) por ano, além do custo com a equipe que trabalha na manutenção do gás que pode chegar a 25,822 €/ano. Porém, estudos nesta área são escassos, realizados com poucas amostras e com pouca relevância estatística, visto que geralmente analisavam um único hospital ou um único gás <sup>1</sup>.

Atualmente, o monitoramento do oxigênio medicinal necessita da presença de um agente humano, que registra o valor de fluxo no fluxômetro, e ajusta de acordo com a prescrição. O fluxômetro atualmente usado possui pouca eficiência no quesito monitoramento de dosagem fornecida, bem como na observância de vazamentos, pois é passível de erros humanos, podendo ser ineficaz para prescrição, administração e monitoramento <sup>14</sup>. Como consequência é comum no setor hospitalar haver grande dificuldade para o fechamento das contas de gases, com possíveis erros de posologia <sup>15,16</sup> e perda de produto decorrente de vazamentos <sup>1</sup>.

Na atualidade a pandemia da COVID-19 tornou ainda mais evidente a necessidade de um aumento na eficiência logística e de gerenciamento do oxigênio medicinal. No

Brasil, em janeiro de 2021, o estado do Amazonas vivenciou grande crise humanitária com desabastecimento de oxigênio na rede pública hospitalar <sup>17, 18</sup>, evidenciando as graves consequências da má administração dos suprimentos de oxigênio. Em nível internacional a OMS enviou diretrizes para o racionamento do uso de oxigênio medicinal, especialmente em países de baixa e média renda, e lançou o *COVID-19 Oxygen Emergency Taskforce*, um consórcio para prevenir a falta de oxigênio em 20 países de baixa e média renda, devido à grande pressão que a COVID-19 exerceu sobre os sistemas de saúde <sup>19</sup>.

Tendo em vista a atual realidade do gerenciamento do oxigênio medicinal, observou-se ser de extrema importância a criação de um dispositivo IoT que auxilie na realização desta gestão de forma automatizada. Assim a Salvus, uma startup com foco em criar soluções de baixo custo para o setor de saúde através de tecnologias como IoT, Big Data e Machine Learning, em parceria com o CESAR, criou o Sistema de Aferição, Transmissão e Análise por Sensores O<sub>2</sub> (ATAS O<sub>2</sub>).

O ATAS O<sub>2</sub> consiste num hardware capaz de medir o fluxo de oxigênio diretamente na tubulação, e enviar esses dados através de tecnologia de comunicação específica para redes de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*). É então capaz de auditar automaticamente todo oxigênio consumido, de maneira remota e contínua, trazendo benefícios no monitoramento e na melhor efetividade clínica e econômica da oxigenoterapia

O conceito de internet das coisas é definido como um sistema capaz de detectar e se comunicar com a internet e aplicativos <sup>20</sup>. Especificamente, a Internet das Coisas Médicas (*Internet of Medical Things - IoMT*), traz uma camada adicional de confiabilidade e segurança aos dispositivos médicos no setor de saúde, trazendo mais dinamismo e escalabilidade para o setor <sup>21</sup> e solucionando vários problemas. É o caso do Monte Sinai Medical Center de Nova York, que reduziu com sucesso em 50% o tempo de espera para

seus pacientes de pronto-socorro usando um dispositivo de rastreamento de leitos junto com um sistema de inteligência artificial <sup>22</sup>. Importante considerar ainda que, pesquisas nos principais bancos de dados, mostram que são escassos estudos com foco na medição de fluxo de oxigênio, do gerenciamento do gás e seus custos em ambiente hospitalar. Sendo a maioria acerca de oxímetros <sup>23</sup>, concentradores de oxigênio <sup>24</sup> e oxigenoterapia domiciliar <sup>25</sup>.

Assim é necessário realizar uma análise de custo-benefício (ACB) da nova tecnologia em leitos da UTI pediátrica de um hospital escola, para mostrar os custos e os benefícios da solução em valores monetários, tornando prático e palpável o valor que o ATAS O<sub>2</sub> mostra ser capaz de agregar. Ao realizar esta análise, é possível determinar se uma nova tecnologia em saúde é economicamente viável e traz um benefício financeiro, permitindo a comparação entre ações diferentes <sup>26, 27</sup>.

Como parte da análise de custo-benefício desta nova tecnologia, é preciso entender a atual situação do monitoramento do oxigênio medicinal através do diagnóstico situacional da cadeia de compra, abastecimento e gestão do oxigênio no hospital, analisando o custo deste insumo, e propondo o uso da nova tecnologia no monitoramento do oxigênio medicinal como solução futura. O diagnóstico situacional ou organizacional, se constitui através da coleta e análise de dados colhidos no local. Pode ser utilizado como importante ferramenta para se entender as condições do ambiente e o contexto em que a população ou objeto está inserido e posteriormente planejar e programar ações <sup>28</sup>. Para propor a nova solução tecnológica é necessário também testar a usabilidade do dispositivo junto aos profissionais de saúde. Assim, durante os treinamentos da equipe multidisciplinar no uso desta tecnologia é possível avaliar a usabilidade deste dispositivo no ambiente hospitalar, demonstrando como os profissionais de saúde podem contribuir no processo

benefícios clínicos e econômicos de uma possível incorporação desta tecnologia para unidade de terapia intensiva pediátrica.

Diante da escassez de estudos englobando perspectivas clínicas e econômicas sobre o desenvolvimento de dispositivos médicos IoMT para mensuração automatizada do fluxo de oxigênio suplementar, o principal objetivo deste estudo foi avaliar a jornada de desenvolvimento de um dispositivo IoT de monitoramento remoto de oxigênio medicinal em um hospital escola do Nordeste brasileiro.

## **2. MÉTODOS**

Estudo de caráter quantitativo descritivo, com componente analítico<sup>29</sup>. A amostra deste estudo foi realizada por conveniência, sendo escolhido a UTI pediátrica de um hospital escola no Nordeste brasileiro. Foi realizado diagnóstico situacional sobre a atual utilização do oxigênio no hospital e testada a usabilidade do novo dispositivo proposto como solução, no âmbito de seu desenvolvimento, através dos treinamentos da equipe multiprofissional do setor. As fases desta pesquisa aconteceram concomitantemente, no período de agosto de 2021 até fevereiro de 2022. O estudo foi aprovado no Comitê de Ética (CAAE 39878520.4.0000.5201).

### **2.1 O diagnóstico situacional da jornada do uso de oxigênio no hospital escola**

Para realização do diagnóstico situacional sobre o uso de gases medicinais no local de pesquisa foram realizadas visitas ao setor de engenharia clínica do hospital escola, responsável por realizar compra, dispensação e distribuição de gases medicinais no hospital. Objetivou-se analisar a logística, fluxo de compra e de distribuição de oxigênio realizado pela engenharia clínica antes da instalação do ATAS O<sub>2</sub>. O instrumento para construção do diagnóstico foi entrevistas com perguntas condutoras: qual a jornada do

oxigênio, desde a compra do gás até seu abastecimento para o setor da UTI pediátrica? Há algum monitoramento de consumo por setor, e como se dá o rateio do gás nos setores do hospital? Qual a estimativa de custo médio pago na compra de oxigênio para os anos de 2020 e 2021? Através dessas visitas e com base nas perguntas condutoras, obteve-se a planilha de controle de compra e rateio do oxigênio líquido, com o método utilizado pelo hospital para calcular o custo do insumo, e que foram analisadas para se chegar aos valores encontrados na construção do diagnóstico sobre o sistema atual de utilização do oxigênio no hospital. Analisou-se ainda prontuários no intuito de verificar como eram feitos os registros de consumo de oxigênio pela equipe multidisciplinar da UTI.

## **2.2 Treinamentos e testes de usabilidade da solução tecnológica IoMT ATAS O<sub>2</sub>**

Os treinamentos ocorreram na UTI Pediátrica do hospital, entre os meses de agosto de 2021 e fevereiro de 2022. Foi utilizada uma unidade do dispositivo, instalada para os treinamentos e para a equipe da UTI se ambientar à nova tecnologia. Foram incluídos nos treinamentos profissionais de saúde da equipe multidisciplinar da UTI que atuam diretamente com a oxigenoterapia dos pacientes: enfermeiros, fisioterapeutas, técnicos de enfermagem e médicos. Foram excluídos profissionais que trabalham na UTI mas não sejam da área da saúde. Devido a alta rotatividade dos profissionais e dificuldades inerentes ao dia-a-dia de uma UTI, a meta trabalhada foi atingir 70% de todos os profissionais.

Para o treinamento foi elaborado roteiro, com as etapas a serem seguidas. Primeiro foi explicado brevemente o estudo, destacando temas, principais objetivos, e fases do estudo. Depois o que é o dispositivo, para que seria utilizado, principais objetivos e vantagens da tecnologia, explicando de forma sucinta do que se trata uma tecnologia em

saúde IoMT. Então foi demonstrado como conectar o dispositivo na régua e detalhes técnicos sobre como ajustar o fluxo, ligar, desligar e quais alarmes de funcionamento o dispositivo poderia mostrar. Os participantes eram então convidados a fazerem um teste de usabilidade, onde deveriam colocar fluxos de oxigênio previamente estipulados, sendo anotado no instrumento de observação da tarefa (Apêndice I) se o participante teve sucesso ou falha na execução.

Quanto aos aspectos éticos, os profissionais assinaram TCLE, ata de presença e termo de autorização de uso de imagem. Ao final responderam o questionário de avaliação do treinamento, assim como das primeiras impressões em relação à usabilidade do dispositivo. O Instrumento foi elaborado pelos pesquisadores, com intuito de verificar as primeiras impressões dos profissionais acerca do dispositivo e do estudo. É composto por 12 questões, onde 06 questões são respondidas de acordo com a escala Likert (1- Discordo totalmente; 2- Discordo parcialmente; 3- Indiferente; 4- Concordo parcialmente; 5- Concordo totalmente), e 03 questões foram respondidas por múltipla escolha, acerca de possíveis dificuldades que tiveram ao manusear o dispositivo. Nas 03 questões finais os participantes são convidados a fazerem comentários e sugestões (Apêndice II).

Os dados obtidos nos questionários foram armazenados no programa Microsoft office Excel 2016, e a análise estatística foi feita utilizando o programa Rstudio Cloud. Para avaliar a associação entre as variáveis foi aplicado Teste Qui-Quadrado<sup>30</sup>. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando  $p < 0,05$ .

### **2.3 O Processo de desenvolvimento da solução tecnológica IoT ATAS O<sub>2</sub>**

A startup construiu um método de desenvolvimento e de gerenciamento a fim de otimizar a construção da nova solução tecnológica. Foi utilizado o método Ágil de

gerenciamento de projetos, com a abordagem do Scrum, focada em gerenciamento e desenvolvimento e podendo ser aplicada a qualquer indústria.

O conceito aplica práticas que primam pelo desenvolvimento iterativo e incremental de soluções tecnológicas, com etapas de menor duração (de 2 a 4 semanas), e entregas parciais e em funcionamento a cada fase <sup>31</sup>. Com fases menores e recursos incrementais de acordo com a necessidade de cada fase, a equipe pode atender rapidamente a mudanças de cenário, preservando recursos e garantindo a adequação do produto final às necessidades do usuário.

Esta metodologia sugere princípios com o intuito de guiar as práticas de trabalho e maximizar produtividade. O processo exato da solução foi desenvolvido pela empresa. O desenvolvimento desse dispositivo foi através de um processo não linear, dividido em 4 fases. A ideação começou com a definição clara do escopo do problema e terminou com a prova de conceito (POC), para validar as principais suposições sobre o problema. Na fase de design, foi testada a aparência do produto e como um cliente poderia interagir com ele. Na fase de engenharia, simultânea à de design, as etapas foram projetadas para construção garantindo que o produto funcione de forma confiável e seja econômico para fabricar.

A fase de validação foi um processo progressivo que buscou unir o design e o desenvolvimento de engenharia e garantir que o produto pudesse ser fabricado atendendo às necessidades do consumidor. À medida que a fase de validação passou do protótipo de engenharia até a validação de engenharia e finalmente para validação de produção, cada fase se concentrou na otimização da tecnologia. Os estudos realizados em hospitais, com testes em campo e metodologia científica, auxiliam nessa adequação da usabilidade da

nova tecnologia, através experiências dos usuários que testaram o dispositivo e contribuíram no desenvolvimento.

Para avaliar o progresso da tecnologia neste processo se utilizou o sistema de Níveis de Prontidão Tecnológica (Technology Readiness Level - TRL), um sistema de medição usado para avaliar o nível de maturidade de uma tecnologia e compreender aspectos do desenvolvimento tecnológico. Cada etapa contém marcos que devem ser alcançados, e é avaliada em comparação aos parâmetros existentes, recebendo uma classificação TRL com base no progresso tecnológico <sup>32</sup>. Normalmente, TRLs de 1 a 3 se enquadram no domínio de pesquisa, e TRLs de 7 a 9 se enquadram no domínio da indústria.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Diagnóstico situacional da jornada do uso de oxigênio no hospital escola**

Foram realizadas três visitas ao setor de engenharia clínica do hospital, entre agosto de 2021 e fevereiro de 2022, para verificar qual seria a jornada do oxigênio no referido hospital, desde a compra de oxigênio líquido até seu abastecimento para cada setor. Na primeira, foi realizada uma visita técnica e verificado que o hospital possui dois tanques, um principal e um menor de reserva, caso o primeiro apresente algum problema ou esteja em manutenção. O oxigênio é abastecido líquido e depois passa pelo compressor para se converter em gasoso. O gás é distribuído para uma tubulação central de onde saem as ramificações de tubulação que seguem para cada setor do hospital. São feitas leituras diárias do consumo dos tanques pela empresa fornecedora de oxigênio, e é a partir de tal leitura que é feito o planejamento para as compras pelo hospital, quando a leitura chega a um nível crítico.

Os dados de compra do oxigênio foram enviados posteriormente pelo setor através da planilha de rateio do oxigênio líquido para cada setor do hospital, no ano de 2021. A

divisão do oxigênio no hospital é feita através de um percentual de distribuição por setor, presente na planilha de rateio, onde as notas fiscais de abastecimento são divididas para cada setor de acordo com este percentual, e então o total de metros cúbico ( $m^3$ ) da nota é multiplicado pelo valor do  $m^3$  de oxigênio. De acordo com o somatório de todas as notas fiscais discriminadas na planilha, o consumo em  $m^3$  do hospital no período de 08/01/2021 a 30/12/2021 foi de 603.253,33  $m^3$ , o que corresponde ao valor de R\$ 775.912,83. Para o centro de custo correspondente à UTI Pediátrica, são distribuídos 6% do total de cada nota fiscal. Com base nesta distribuição, e consolidando todas as notas do período, foi rateado para o setor um total de 36.195,20  $m^3$  de oxigênio. Este total é então multiplicado pelo valor do  $m^3$  de oxigênio, e corresponde ao valor de R\$ 46.554,77. Segundo dados da planilha o valor do  $m^3$  de oxigênio líquido no período de 08/01 a 01/05/2021 correspondeu a R\$ 1,2376, e de 08/05 a 30/12/2021 correspondeu a R\$ 1,31186. As únicas informações disponibilizadas foram sobre custos diretos com a compra do oxigênio. Os fluxogramas da cadeia de abastecimento e compra podem ser verificados na figura 1.

Foram também analisados 24 prontuários, para se entender como eram feitos os registros de consumo de oxigênio pelos profissionais. Pôde-se verificar que haviam poucas prescrições nas fichas de evolução neste período, sendo que só em 8 eram encontradas informações de fluxo de oxigênio, sem haver registro de tempo de consumo.

Assim, nos achados do diagnóstico situacional do uso do oxigênio medicinal no hospital, foi possível observar que o gerenciamento e o controle dos gastos referentes ao oxigênio ainda são insipiente, não havendo maior controle referente a quanto de oxigênio de fato é consumido pelo setor, ou quanto é desperdiçado. Além disso, o controle dos custos indiretos ligados ao uso do oxigênio também é deficitário, não sendo possível ter uma verdadeira dimensão do real custo do insumo para o hospital, nem de se afirmar se

os valores destinados pelo hospital à compra e utilização de oxigênio são condizentes com o consumo ou se há desperdícios.

### **3.2. A avaliação da usabilidade do ATAS O<sub>2</sub> pelos profissionais de saúde**

Quanto aos testes de usabilidade do dispositivo foram realizadas dez sessões de treinamentos, com 60% (59) dos profissionais da UTI Ped. Dentre os profissionais treinados, foram coletados 49 questionários. Devido às particularidades do trabalho em UTI e alta rotatividade do setor, 10 profissionais não responderam os questionários. Verificou-se então a resposta de 16 (32,65%) técnicos de enfermagem, 18 (36,73%) fisioterapeutas, 5 (10,21%) enfermeiros e 10 (20,41%) médicos.

Como pode ser observado na tabela 1, verifica-se que, em relação às questões que avaliavam a usabilidade do dispositivo, 87,75% (n=43) dos profissionais concordaram que o equipamento é de fácil manuseio. Quanto à questão sobre ter encontrado dificuldade ao manusear o equipamento, 51,02% responderam não (n=25). Quando questionados sobre qual foi o item de maior dificuldade ao utilizar o equipamento, 78,38% (n=29) responderam que foi na regulação do fluxo, 8,11% (n= 3) responderam que foi na identificação dos alarmes de funcionamento, e 2,70% (n=1) responderam que foi no encaixe do dispositivo na régua hospitalar.

Na correlação entre os que afirmaram ter tido dificuldade ao manusear o dispositivo e se o item que levava a maior dificuldade foi a regulação do fluxo, foi encontrado através do cálculo do coeficiente de correlação qui-quadrado de Pearson um p-valor de 0,013, indicando que a correlação entre as variáveis é significativa ( $p < 0,05$ ).

Com os resultados dos testes na UTI foi possível passar para os engenheiros de dispositivos médicos da startup dados relativos à usabilidade desta versão do dispositivo,

dentro do processo de desenvolvimento da nova tecnologia. Destes, pode ser destacado o

Avenida Mal. Mascarenhas de Moraes, 4861, Imbiribeira, Recife-PE | CEP: 51.150-000  
81 3035.7777 | 81 3312.7777

que, no relato dos profissionais, se tratava da sensibilidade excessiva do volante de ajuste de fluxo.

Os dados dos profissionais sobre a sensibilidade excessiva para ajuste de fluxo, foram analisados e utilizados nos testes de hipótese controlados conduzidos no laboratório de desenvolvimento de dispositivos médicos da empresa (ver fluxograma na figura 2). A versão do dispositivo que está em linha de produção, teve corrigido o problema relatado, ao se modificar as variações de fluxo do dispositivo para serem exibidas de 0.2 em 0.2 litros por minuto, ao invés de 0.1 lpm, com o intuito de reduzir as oscilações e facilitar o manuseio e controle do fluxo.

Assim o ATAS O<sub>2</sub> chegou ao penúltimo estágio de validação no nível TRL 8 de maturidade tecnológica, e seu sucesso é demonstrado com a análise de desempenho em ambiente hospitalar. O próximo estágio do produto é o TRL9 com produção em nível industrial, de um sistema completo capaz de auditar e gerenciar remotamente todo consumo e fluxo de oxigênio (ver figura 3).

Em relação às questões do questionário que avaliavam as percepções dos profissionais de saúde sobre o treinamento para uso de uma nova tecnologia, 83.67% (n=41) concordaram totalmente que o treinamento foi de fácil entendimento e 10.20% (n=5) concordaram parcialmente. Sobre a questão que afirmava que o treinamento facilitaria as atividades com o dispositivo, 79.59% (n=39) concordaram totalmente e 16.33% (n=8) concordaram parcialmente. Onde se afirmava que todas as dúvidas acerca da pesquisa foram esclarecidas, 85.71% (n=42) responderam que concordavam totalmente e 10.20% (n=5) responderam que concordavam parcialmente. E quando afirmado que após o treinamento todas as dúvidas sobre o equipamento foram esclarecidas, 87.76% responderam que concordavam totalmente (n=43) e 8.16% responderam que concordavam

parcialmente (n=4). Os resultados mostram que somente 4,08% dos profissionais consideraram que os treinamentos não contribuíram para a melhor compreensão da nova tecnologia e para o uso do dispositivo.

### **3.3. Projeção dos benefícios com a incorporação do ATAS O<sub>2</sub> no ambiente hospitalar**

Na seção de comentários do questionário de avaliação, foi possível encontrar feedbacks de alguns profissionais sobre as possíveis implicações econômicas e clínicas que o dispositivo poderia trazer para a oxigenoterapia em ambiente hospitalar.

Ao serem convidados a elogiar, criticar ou fazer sugestões, comentários apontam que a nova tecnologia traz benefícios econômicos para o gerenciamento do oxigênio ao evitar perdas, pois, um dispositivo IoT que envia toda a informação lida no leito em tempo real para uma plataforma digital, permite que o profissional consiga visualizar remotamente se algum bico foi esquecido ligado e está entregando oxigênio sem indicação por exemplo.

Outra resposta aponta possíveis melhorias do ponto de vista clínico, afirmando que o dispositivo entrega maior acurácia na leitura digital do fluxo, visto que o fluxômetro convencional por vezes é difícil de ler, levando a erros na interpretação e colocação do fluxo. Com o visor digital do ATAS O<sub>2</sub> é possível ler com facilidade e exatidão o fluxo ofertado ao paciente. Outra afirma que o dispositivo permite que se atinjam valores decimais de fluxo de oxigênio, permitindo que o paciente permaneça menos tempo em hiperoxia, e facilitando também o processo de desmame da oxigenoterapia.

## **4. DISCUSSÃO**

No presente estudo, verificou-se fragilidade no controle dos gastos com o oxigênio medicinal no hospital escola, não sendo possível determinar se os valores destinados

à compra e utilização de oxigênio são condizentes com o consumo, ou se há desperdícios. Além disso, diante dos resultados da jornada do oxigênio, dos treinamentos e dos testes de usabilidade da nova solução tecnológica IoT, verificou-se que a incorporação do ATAS O<sub>2</sub> poderia otimizar o gerenciamento do oxigênio, trazendo benefícios clínicos e econômicos para o setor.

Quanto aos resultados do diagnóstico situacional foi possível determinar o custo direto com o oxigênio, no entanto, não se conseguiu verificar a cadeia de custos indiretos que influenciam nos gastos totais com este insumo. Essa evidência da falta de processos para controle de custos com o oxigênio medicinal, é condizente com um estudo realizado em um hospital público do Paraná, que verificou durante as terapias inalatórias um aumento no consumo do oxigênio devido a ineficiência técnica com a utilização excessiva do gás.<sup>33</sup> Akpunonu et al. estimaram que os gastos com uso inapropriado do oxigênio hospitalar, como a má gestão do gás e vazamentos, podem chegar a 66% do consumo total do gás<sup>13</sup>. Uma revisão sistemática, verificou 29 artigos avaliando a prescrição de oxigênio, e encontrou que a prática da oxigenoterapia pode deixar a desejar tanto na prescrição, quanto na administração e no monitoramento, sugerindo que intervenções podem melhorar essas práticas<sup>16</sup>.

Ademais, em momentos de crise, como a evidenciada na pandemia da Covid-19, com aumento do consumo de oxigênio e desabastecimento, essa fragilidade encontrada na contabilidade dos custos não permitiu que seja possível observar mudanças do sistema de compra e de consumo do insumo. Estudos corroboram o achado, mostrando que no período analisado houve maior consumo, evidenciando necessidade de maior proatividade no gerenciamento do oxigênio<sup>34</sup>. A OMS enviou diretrizes internacionais para o racionamento do uso de oxigênio medicinal e criou a *COVID-19 Oxygen Emergency*

baixa e média renda, devido à pressão que a pandemia exerceu sobre os sistemas de saúde  
35.

O resultado do presente estudo mostra que um melhor gerenciamento de recursos, poderia tornar o consumo e gasto do hospital mais econômico, permitindo a melhor alocação dos recursos financeiros e trazendo mais efetividade ao serviço prestado. Como evidenciado pela literatura, o gerenciamento adequado de insumos, desde a compra até o consumo, responde por boa parte dos custos hospitalares. A mudança na forma como o gerenciamento de custos é realizada em hospitais do SUS, se mostra necessária, trazendo melhora da assistência à saúde, e também da formação de recursos humanos, visto que o processo tradicionalmente adotado privilegia a quantidade de recursos, sem considerar a busca pela eficiência<sup>36, 37</sup>.

Além disso, no processo de validação e desenvolvimento da tecnologia, o dispositivo foi testado em outro estudo, realizado em um hospital do estado de São Paulo. Os achados evidenciaram discrepâncias no sistema de monitoramento, onde a nova solução computou o Volume Total Consumido de Oxigênio 11.904,3 m<sup>3</sup>, correspondente a 346,5% a mais de volume de oxigênio consumido do que o computado pelo sistema atual do hospital, que foi de apenas 3.435,8 m<sup>3</sup> em um período de 05 meses. Isso reforça que o dispositivo tem maior acurácia no monitoramento, sendo capaz de evitar desperdícios de recursos financeiros com oxigênio medicinal. Este achado é corroborado por estudos que avaliam tecnologias IoMT e demonstram que tais tecnologias têm resultado em automação de serviços com custos mais baixos a longo prazo e serviços mais eficientes, resultando em maior qualidade do atendimento<sup>38</sup>.

No processo de desenvolvimento da usabilidade da tecnologia, verificou-se com os questionários e testes de usabilidade, que 48.98% dos profissionais afirmaram ter

encontrado dificuldade ao manusear o equipamento, evidenciando possíveis pontos de melhoramento na tecnologia. Ao correlacionar os que afirmaram ter tido dificuldade no manuseio e os que afirmaram que o item que levava a dificuldade era a regulação do fluxo, foi encontrado um p-valor de 0,013, indicando significância na correlação. Com tais achados, foram feitas modificações na versão do dispositivo em linha de produção, com correção do aspecto relatado, garantindo assim maior qualidade e contribuindo para futura incorporação desta tecnologia no setor. Isso destaca a importância de se testar a tecnologia no local e com os usuários, antes da sua incorporação, para que a tecnologia se torne mais efetiva e atenda as necessidades do setor. Isso é evidenciado no processo de incorporação de tecnologia em saúde no SUS da Comissão Nacional De Incorporação De Tecnologia (CONITEC) em que comprovar segurança e efetividade da tecnologia em pesquisas científicas em campo, estão entre as etapas na avaliação de uma tecnologia em saúde <sup>39</sup>.

Ainda diversos estudos mostram que muitas tecnologias são abandonadas devido a problemas no design, impacto no fluxo de trabalho e insatisfação por parte dos usuários finais. Concluem que o feedback do usuário é útil ao decidir quais mudanças na usabilidade de um dispositivo ou sistema devem ser realizadas e que esse processo contribui para melhorias na tecnologia ao mesmo tempo em que a torna mais aceita e melhor empregadas pelos usuários <sup>40-41</sup>.

Nas questões que avaliavam a percepção dos profissionais de saúde sobre o treinamento, foi possível perceber que os profissionais consideraram o treinamento importante no processo de utilizar uma nova tecnologia, o que é evidenciado pela literatura. Uma pesquisa baseada em estudo de caso, avaliou a implementação do serviço de registro digital do NHS na Inglaterra, em hospitais que implantaram o serviço nos estágios inici-

profissionais de saúde, podem atrasar a implementação e o desenvolvimento do processo de adoção do novo sistema <sup>42</sup>.

Pôde-se observar no presente estudo que o treinamento foi importante para o entendimento de conceitos como tecnologia IoMT, pouco abordados em seu ambiente de trabalho. E que isso foi necessário para o uso da tecnologia em si. A falta de conhecimento em saúde digital e de apoio para aprender a usar tais tecnologias, é uma das principais barreiras para que profissionais de saúde se sintam confortáveis em introduzir novas tecnologias em seu ambiente de trabalho e sejam capazes de identificar os benefícios na incorporação delas para o setor de saúde <sup>43</sup>.

Importante destacar ainda os achados das questões que convidavam os profissionais a comentar sobre a nova solução proposta. Foi possível encontrar respostas que evidenciam a projeção dos benefícios clínicos com a possível incorporação do ATAS O<sub>2</sub> no hospital. Respostas apontaram que o leitor digital do dispositivo traria maior acurácia na interpretação e colocação do fluxo. Apontam ainda que o dispositivo entrega fluxos menores de oxigênio, evitando que o paciente permaneça em hiperóxia. Estes achados são corroborados por estudos recentes que demonstraram que erros na utilização do gás trazem uma série de complicações sistêmicas e injúrias pulmonares, principalmente se utilizado de maneira excessiva. A oferta em demasia do oxigênio chega a acometer mais de 50% dos pacientes nas Unidades de Terapia Intensiva, sendo a correta monitorização e a prescrição criteriosa as principais maneiras de se evitar este desfecho <sup>44-46</sup>.

Como limitações deste estudo pode-se destacar a pequena amostra de profissionais que puderam participar dos testes de usabilidade do dispositivo, e assim a pequena amostra de questionários coletados. Ressalta-se ainda que pesquisas realizadas nos principais bancos de dados mostram que são escassos os estudos com foco na medição de

fluxo de oxigênio, e no gerenciamento de seus custos em ambiente hospitalar, tornando difícil corroborar ou discordar dos resultados encontrados. Como principais contribuições se destaca que o estudo pode auxiliar na criação de métodos que avaliam desenvolvimento de tecnologia para o gerenciamento do oxigênio e para o setor de saúde, e traz luz à necessidade de se realizar mais estudos na área de inovação e tecnologia em saúde.

Com base nos resultados apresentados, conclui-se, que há fragilidade no monitoramento e gerenciamento financeiro do oxigênio medicinal no hospital. Os achados reforçam a importância da criação da nova tecnologia proposta neste estudo, que monitoriza em tempo real o oxigênio consumido diretamente na régua hospitalar e permite um gerenciamento mais eficiente de um recurso tão largamente utilizado. E desenvolvida com contribuição multidisciplinar dos profissionais de saúde, dá aos gestores e as equipes de saúde, uma nova ferramenta mais efetiva, que atenda à necessidade do setor, trazendo maior eficiência na gestão do oxigênio medicinal e tornando mais efetiva a prestação da oxigenoterapia.

## 5. REFERÊNCIAS

1. Gómez-Chaparro, M.; García-Sanz-Calcedo, J. Armenta Márquez, L. Analytical Determination of Medical Gases Consumption and Their Impact on Hospital Sustainability. *Sustainability* 2018, 10, 2948. <https://doi.org/10.3390/su10082948>
2. S. Helliard, "Improving oxygen prescribing rates by tailoring interventions for specific healthcare professional groups," *BMJ Qual. Improv. Reports*, vol. 5, no. 1, p. u209520.w4033, 2016. Disponível em: [https://bmjopenquality.bmj.com/content/5/1/u209520.w4033?itm\\_content=consumer&itm\\_medium=cpc&itm\\_source=trendmd&itm\\_term=0-A&itm\\_campaign=bmjoq](https://bmjopenquality.bmj.com/content/5/1/u209520.w4033?itm_content=consumer&itm_medium=cpc&itm_source=trendmd&itm_term=0-A&itm_campaign=bmjoq)
3. ANDRADE, Livia Barboza. *Fisioterapia Respiratória em Neonatologia e Pediatria*. Rio de Janeiro. MedBook, 2011.
4. Machado, Maria da Glória Rodrigues. *Bases da Fisioterapia Respiratória: Terapia Intensiva e Reabilitação*. 2ª edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2018. Pág: 194;201;344
5. Jacobs, SS et al. Home Oxygen Therapy for Adults with Chronic Lung Disease An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med*

- Vol 202, Iss 10, pp e121–e141, Nov 15, 2020. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.202009-3608ST>
6. UNICEF/WHO. Pneumonia: the forgotten killer of children. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9280640489\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9280640489_eng.pdf) 2006 (acesso em 02 de março de 2021)
  7. Rojas-Reyes MX, Granados C, Charry Anzola LP. Oxygen Therapy for lower respiratory tract infections in children between 3 months and 15 years of age. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014, Issue 12. Art.No.: CD005975. DOI: 10.1002/14651858.CD005975.pub3.
  8. Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome - 2016 Update. *Neonatology*. 2017;111(2):107–125. [PubMed:27649091]
  9. Walsh BK, Smallwood CD. Pediatric Oxygen Therapy: A Review and Update. *Respir Care*. 2017 Jun;62(6):645–661. doi: 10.4187/respcare.05245. PMID: 28546370. Disponível em: <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/62/6/645.full.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2020.
  10. Luna Paredes, MC et al. Fundamentos de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas: indicaciones, métodos, controles y seguimiento. 2009 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L. doi:10.1016/j.anpedi.2009.05.012
  11. Balfour-Lynn IM, Field DJ, Gringras P, et al. *BTS* guidelines for home oxygen in children *Thorax* 2009;64:ii1–ii26. Disponível em: [https://thorax.bmj.com/content/64/Suppl\\_2/ii1](https://thorax.bmj.com/content/64/Suppl_2/ii1)
  12. Mohamed T, Abdul-Hafez A, Gewolb IH, D Uhal B. Oxygen injury in neonates: which is worse? hyperoxia, hypoxia, or alternating hyperoxia/hypoxia. *J Lung Pulm Respir Res*. 2020; 7(1): 4–13. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8320601/>
  13. Akpunonu B, Mutgi A, Federman D, Donabedian H, Wasielewski N, Lachant M, Martin G. Inappropriate use of oxygen: loss of a valuable healthcare resource. *Am J Med Sci*. 1994 Oct;308(4):244–6. doi:10.1097/00000441-199430840-00006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002962915352034?via%3Dihub>
  14. Poder TG, Kouakou CRC, Bouchard P-A, et al. Cost-effectiveness of FreeO2 in patients with chronic obstructive pulmonary disease hospitalized for acute exacerbations: analysis of a pilot study in Quebec. *BMJ Open* 2018; 8:e018835. doi:10.1136/bmjopen-2017-018835. Disponível em: <https://bmjopen.bmj.com/content/8/1/e018835>
  15. National Patient Safety Agency. Rapid Response Report NPSA/2009/RRR006: Oxygen safety in hospitals. *Natl. Patient Saf. Agency*, no. September, pp. 1–17, 2009.
  16. Cousins JL, Wark PA, McDonald VM. Acute oxygen therapy: a review of prescribing and delivery practices. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2016;11:1067–75. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4888716/>
  17. Kerr, L R F S et al. COVID-19 in northeast Brazil: first year of the pandemic and uncertainties to come. *Revista de Saúde Pública* [online]. v. 55 [Acessado 9 Julho 2021], 35. Disponível em: ISSN 1518-8787. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003728>

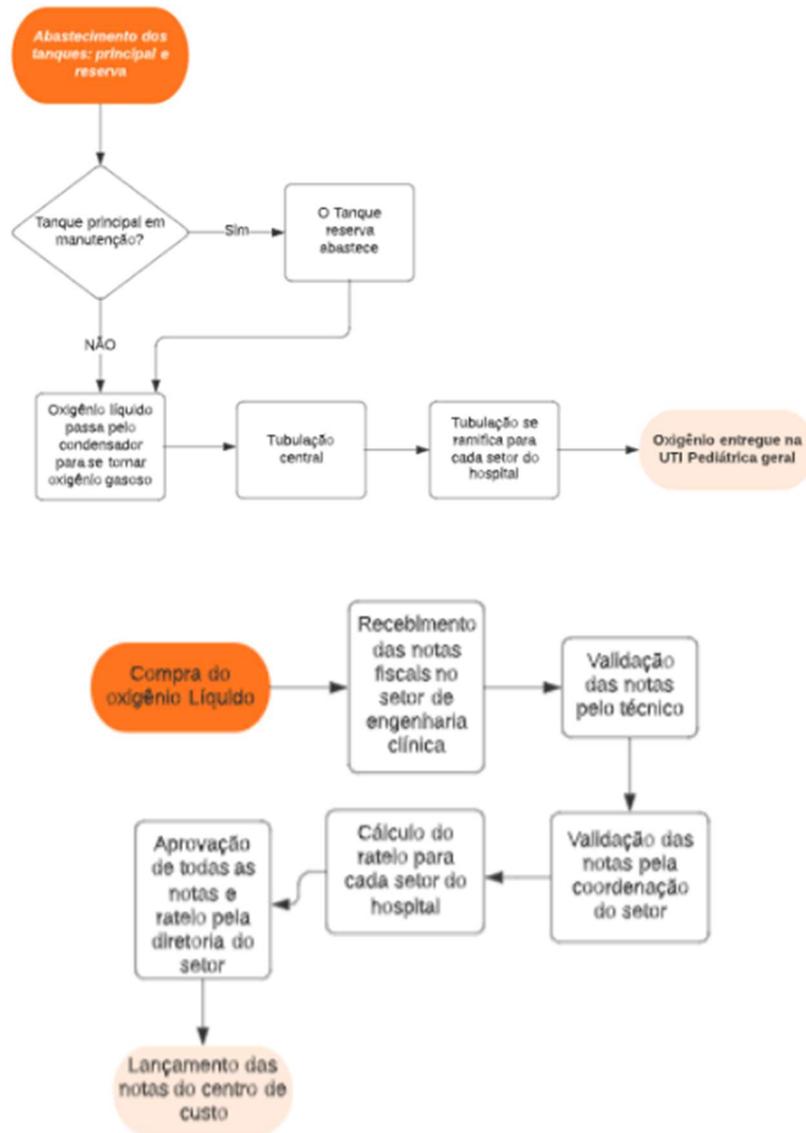
18. Fiocruz [página da Internet]. Acesso em: 09/07/2021. Disponível em: <https://periodicos.fiocruz.br/pt-br/content/covid-19-asfixia-sa%C3%BAde-no-amazonas-e-estado-entra-em-co-lapso>
19. WHO [página da internet] Disponível em: [https://www.who.int/news/item/25-02-2021-covid-19-oxygen-emergency-impacting-more-than-half-a-million-people-in-low--and-middle-income-countries-every-day-as-demand-surges#\\_ftn1](https://www.who.int/news/item/25-02-2021-covid-19-oxygen-emergency-impacting-more-than-half-a-million-people-in-low--and-middle-income-countries-every-day-as-demand-surges#_ftn1) (accessed in 14/04/2021)
20. Minerva, R., Biru, A., & Rotondi, D. (2015). Towards a definition of the Internet of Things (IoT). IEEE Internet Initiative, 1(1), 1-86. Disponível em: [IEEE IoT Towards Definition Internet of Things Issue1 14MAY15.pdf](#)
21. Gatouillat, A., Badr, Y., Massot, B., & Sejdić, E. Internet of medical things: A review of recent contributions dealing with cyber-physical systems in medicine. IEEE internet of things journal, 2018, 5(5), 3810-3822. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8388188>
22. Gittleston, K. (2013, November 26). *How tracking technology can better fill hospital beds*. BBC News. <https://www.bbc.com/news/business-25059166>.
23. Burn SL, Chilton PJ, Gawande AA, Lilford RJ. Peri-operative pulse oximetry in low-income countries: a cost-effectiveness analysis. Bull World Health Organ. 2014 Dec 1;92(12):858-67. doi: 10.2471/BLT.14.137315. Epub 2014 Sep 24. PMID: 25552770; Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25552770/>
24. Reisfield GM, Wilson GR. The cost of breathing: an economic analysis of the patient cost of home oxygen therapy. Am J Hosp Palliat Care. 2004 Sep-Oct;21(5):348-52.
25. Sanchez-Morillo, D, Muñoz-Zara, P, Lara-Doña, A, & Leon-Jimenez, A. (2020). Automated Home Oxygen Delivery for Patients with COPD and Respiratory Failure: A New Approach. Sensors (Basel, Switzerland), 20(4), 1178. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/4/1178>
26. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Área de Economia da Saúde e Desenvolvimento. Avaliação econômica em saúde: desafios para gestão no Sistema Único de Saúde. Brasília. Editora do Ministério da Saúde, 2008. 104 p. : il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)
27. Da Silva, EN. Silva, MT. Pereira, MG. Estudos de avaliação econômica em saúde: definição e aplicabilidade aos sistemas e serviços de saúde. Epidemiol. Serv. Saúde v.25 n.1 Brasília jan./mar. 2016
28. Silva CSSL, Koopmans FF, Daher DV. O Diagnóstico Situacional como ferramenta para o planejamento de ações na Atenção Primária à Saúde. Revista Pró-UniverSUS. 2016 Jan./Jun.; 07 (2): 30-33. Disponível em: <http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/RPU/article/view/345>
29. Marconi, Marina de Andrade e Lakatos, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. 6ª ed. São Paulo, SP: Atlas, 2005.
30. Miot AH. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. J. Vasc.Bras. [revista online]. 2018; 17 (4): 275-279. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vb/a/YwjG3GsXpBFrZLQhFQG45Rb/?format=pdf&lang=p>
31. Furuhi, J. Justice, J. Segertoft, J. Sutherland, JJ. Owing the Sky with Agile Building a Jet Fighter Faster, Cheaper, Better with Scrum. Global Scrum Gathering, San Diego, California, 2017. Disponível em: [https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2015/09/Release-version\\_Owing-the-Sky-with-Agile.pdf](https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2015/09/Release-version_Owing-the-Sky-with-Agile.pdf)

32. CAPDEVILLE, G. de; ALVES, A A; BRASIL, B. dos S. A. F. Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia: gestão estratégica integrada de P&D e TT. Brasília, DF. Embrapa Agroenergia, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085322/modelo-de-inovacao-e-negocios-da-embrapa-agroenergia-gestao-estrategica-integrada-de-pd-e-tt>
33. CASTANHEIRA, NP; VALERIO, MC; WEIGERT, FC. Gerenciamento do consumo do oxigênio durante a inaloterapia: oportunidade para redução de custos através da capacitação dos profissionais. Revista Saúde e Desenvolvimento. vol.5 n.3. jan/jun 2014. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistasauade/index.php/saudeDesenvolvimento/article/view/282>
34. RIOS, JR. Análise de custos em uma Unidade de Terapia Intensiva nos anos de 2018 a 2020: estudo em um hospital universitário do Triângulo Mineiro. 2021. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/33038>
35. WHO. The Access to COVID-19 Tools (ACT) Accelerator. ACT-A Tx Partnership. 2021. Disponível em: [https://apps.who.int/gb/COVID-19/pdf\\_files/2021/24\\_06/Item4.pdf](https://apps.who.int/gb/COVID-19/pdf_files/2021/24_06/Item4.pdf)
36. Dallora MEL do V, Forster AC. A importância da gestão de custos em hospitais de ensino: considerações teóricas. Medicina Ribeirão Preto. 2008 ; 41( 2): 135-142. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/259/260>
37. Brasil. Ministério da Saúde. SCTIE/DES. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. DISOC. Projeto Economia da Saúde. Atenção de Alta Complexidade no SUS: desigualdade de acesso e financiamento. Volume I. Brasília; 2005. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/economiasaude/adm/arquivos/destaque/alta\\_complexidade.pd](http://www.ipea.gov.br/economiasaude/adm/arquivos/destaque/alta_complexidade.pd)
38. Aledhari M, Razzak R, Qolomany B, Al-Fuqaha A, Saeed F. Biomedical IoT: Enabling Technologies, Architectural Elements, Challenges, and Future Directions. IEEE Access. 2022;10:31306-31339. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3159235. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9015691/>
39. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas: análise de impacto orçamentário : manual para o Sistema de Saúde do Brasil. Brasília. 2012. 76 p. : il. – (Série A: Normas e manuais técnicos)
40. Buivydaitė, R et al. Improving usability of Electronic Health Records in a UK Mental Health setting: a feasibility study. Journal of Medical Systems (2022) 46:50. <https://doi.org/10.1007/s10916-022-01832-0>
41. Karsh B. Beyond usability: designing effective technology implementation systems to promote patient safety. *BMJ Quality & Safety* 2004;13:388-394. Disponível em: <https://qualitysafety.bmj.com/content/13/5/388>
42. Sheikh A, Cornford T, Barber N, Avery A, Takian A, Lichtner V et al. Implementation and adoption of nationwide electronic health records in secondary care in England: final qualitative results from prospective national evaluation in “early adopter” hospitals *BMJ* 2011; 343:d6054doi:10.1136/bmj.d6054. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/343/bmj.d6054>
43. Cornford, T. Klecun, E. Lichtner, V. Digital Health Literacy: Beyond IT Skills. Conference on Medical Informatics. European Federation for Medical Informatics. Istanbul, 2014. Disponível em: [www.efmi.org](http://www.efmi.org)
44. Ni, YN., Wang, YM., Liang, BM. et al. The effect of hyperoxia on mortality in critically ill patients: a systematic review and meta analysis. *BMC Pulm Med* 19, 53 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12890-019-0810-1>
45. Chu DK, Kim LH, Young PJ, Zamiri N, et al. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2018 Apr 28;391(10131):1693-1705. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30479-3.
46. Viera Filho, WA. et al. Análise dos indicadores de oxigenoterapia para o controle da hiperoxemia em pacientes críticos de um hospital público de referência na amazônia. Revista CPAQV. Vol.13. No. 1. Ano 2021. p. 2. Disponível em: <http://www.cpaqv.org/revista/CPAQV/ojs-2.3.7/index.php?journal=CPAQV&page=article&op=view&path%5B%5D=639>

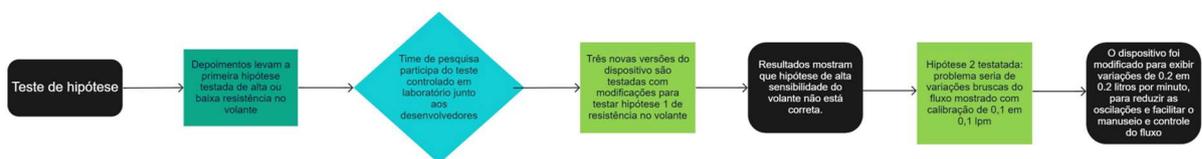
## 6. ILUSTRAÇÕES

Tabela 1: Resposta dos profissionais no questionário sobre a usabilidade do ATAS O<sub>2</sub>

Questão	Variável	N	%
Com base nas primeiras impressões sobre o fluxômetro digital ATAS O <sub>2</sub> , este é um equipamento de fácil manuseio.	Discordo totalmente	0	0
	Discordo Parcialmente	4	8.16
	Indiferente	2	4.08
	Concordo Parcialmente	25	51.02
	Concordo Totalmente	18	36.73
		49	100
Você encontrou alguma dificuldade ao manusear o equipamento?	Sim	24	48.98
	Não	25	51.02
		49	100
Caso sim, a que você atribui esta dificuldade?	Treinamento	1	2.04
	Informações	0	0
	Experiência	2	4.08
	Design do equipamento	21	42.86
	Não se aplica	24	48.98
	Outros	1	2.04
		49	100
Qual foi o item de maior dificuldade que você experimentou ao utilizar o equipamento?	Regulação do fluxo	29	59.18
	Visualização do fluxo no display	0	0
	Encaixe do dispositivo na régua hospitalar	1	2.04
	Identificação dos alertas de funcionamento	3	6.12
	Não se aplica	16	32.66
	Outros	0	0
		49	100



**Figura 1: Fluxo de abastecimento e compra do oxigênio medicinal no hospital**



**Figura 2: Fluxograma para resolução da sensibilidade do volante por meio de testes de hipótese do ATAS O2**



**Figura 3: Fluxômetro digital IoT ATAS O<sub>2</sub>**

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1- INSTRUMENTO DE OBSERVAÇÃO DE SIMULAÇÃO DA TAREFA

Local:					
Data:					
Horário:					
Tipo de usuário (enfermeiro, médico ou fisioterapeuta)					
Tarefa	Etapa	Su-cesso	Fa-lha	Tempo de execução (s)	Co-mentá-rio
Regulação de fluxo através da válvula adulto conexão 1 do monitor	Ligar o fluxo de gás em 3LPM				
	Modificar o fluxo de gás para 5LPM				
	Fechar o fluxo de gás				
	Abrir o fluxo de gás em 12LPM				
	Abrir o fluxo de gás em mais de 15LPM				
	Fechar o fluxo				

### APÊNDICE II

#### QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO TREINAMENTO DO FLUXÔMETRO DIGITAL ATAS O<sub>2</sub>-FASE I

Nome: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_

Anos de experiência: \_\_\_\_\_

1- De 0 a 10, qual nota você daria para este treinamento?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Sobre as questões abaixo responda em uma escala de classificação de cinco pontos que varia de (1) Discordo totalmente; (2) Discordo parcialmente; (3) Indiferente; (4) Concordo parcialmente; (5) Concordo totalmente:

2- O treinamento foi de fácil entendimento.

- (0) Não foi possível observar;
- (1) Discordo totalmente;
- (2) Discordo parcialmente;
- (3) Indiferente;
- (4) Concordo parcialmente;
- (5) Concordo totalmente.

3- Este treinamento irá facilitar as atividades com o fluxômetro ATAS O<sub>2</sub>.

- (0) Não foi possível observar;
- (1) Discordo totalmente;
- (2) Discordo parcialmente;
- (3) Indiferente;
- (4) Concordo parcialmente;
- (5) Concordo totalmente.

4- Com base nas primeiras impressões sobre o fluxômetro digital ATAS O<sub>2</sub>, este é um equipamento de fácil manuseio.

- (0) Não foi possível observar;
- (1) Discordo totalmente;
- (2) Discordo parcialmente;
- (3) Indiferente;
- (4) Concordo parcialmente;
- (5) Concordo totalmente.

5- Após o treinamento todas suas dúvidas acerca da pesquisa foram esclarecidas.

- (0) Não foi possível observar;
- (1) Discordo totalmente;
- (2) Discordo parcialmente;
- (3) Indiferente;
- (4) Concordo parcialmente;
- (5) Concordo totalmente.

6- Após o treinamento todas as suas dúvidas sobre o equipamento foram esclarecidas.

- (0) Não foi possível observar;
- (1) Discordo totalmente;
- (2) Discordo parcialmente;
- (3) Indiferente;
- (4) Concordo parcialmente;
- (5) Concordo totalmente.

7- Você encontrou alguma dificuldade ao manusear o equipamento? (caso responda não, passar para questão 11)

- Sim
- Não
- Não se aplica

8- Caso sim, a quem você atribui esta dificuldade?

- Treinamento
  - Informações
  - Experiência
  - O design do próprio equipamento
  - Não se aplica
  - Outros: \_\_\_\_\_
- 
- 

9- Qual foi o item de maior dificuldade que você experimentou ao utilizar o equipamento?

- Regulação do fluxo;
  - Visualização do fluxo no display;
  - Encaixe do dispositivo na régua hospitalar;
  - Identificação dos alertas de funcionamento;
  - Não se aplica
  - Outros: \_\_\_\_\_
- 
- 

10. Comente qual você acha que é o motivo da dificuldade de execução da atividade acima:

---

---

11. Se você pudesse mudar algo no equipamento, o que você mudaria?

---

---

12. Comente se tem algum elogio, críticas e/ou sugestões sobre o dispositivo Salvus:

---

---

---

**Muito obrigada pela sua colaboração!**