

FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE

Análise da aplicabilidade de uma solução IoT (Internet das Coisas)
inovadora para otimização do uso do oxigênio medicinal em
um hospital universitário brasileiro.

Trabalho de conclusão de curso do acadêmico
João Felipe de Cerqueira Judice Tavares
do 9º período do curso de Medicina
da Faculdade Pernambucana de Saúde
sob a orientação de Juliany S. B. César Vieira
e co-orientação de Neciula Gomes.

RECIFE, 2022.

AUTORES

ESTUDANTE

João Felipe de Cerqueira Júdice Tavares

Estudante do 9º período de Medicina da Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS) e assistente de pesquisa da Startup Salvus

E-mail: joaofelipejtg@gmail.com / Telefone: (87) 99916-0202

ORIENTADORA

Juliany Silveira Braglia César Vieira

Doutorado em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco

Coordenadora de tutores da Faculdade Pernambucana de Saúde -FPS

E-mail: julianyvieira@gmail.com / Telefone: (81) 99696-7765

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 Startup Salvus

E-mail: neciula@gmail.com / Telefone: (81) 99236-6566

COLABORADORES

Rafaela Covello de Freitas

Mestre em Engenharia da Computação pela Universidade de Pernambuco - UPE

E-mail: rafaela@salvus.me / Telefone: (81) 99898-7707

Romero Andion de Medeiros Sobrinho

Fisioterapeuta pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e assistente de pesquisa da Startup Salvus

E-mail: romeroandion2@gmail.com / Telefone: (81) 90788-9131

FONTE DE AUXÍLIO

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

RESUMO

Introdução: O oxigênio medicinal é um insumo crítico para o hospital, utilizado em diversas abordagens clínicas, porém existe uma precariedade no gerenciamento de gases no mundo, trazendo consequências clínicas e econômicas para os pacientes e hospitais. A empresa Salvus desenvolveu um dispositivo capaz de realizar medições diretamente da tubulação de oxigênio e enviá-las através de uma tecnologia de comunicação específica para redes de Internet das Coisas. **Objetivos:** Avaliar a necessidade e viabilidade de uma iniciativa de estudo de inovação em um hospital universitário brasileiro, utilizando um dispositivo IoT de monitoramento remoto de oxigênio medicinal que visa otimizar a oxigenioterapia trazendo benefícios econômicos e clínicos. **Métodos:** Estudo quantitativo descritivo, com componente analítico. Foi realizado um diagnóstico situacional sobre a utilização do oxigênio em três setores de um hospital universitário do nordeste brasileiro e testada a usabilidade de um dispositivo proposto como solução através de treinamentos da equipe multiprofissional que atuam diretamente com a oxigenioterapia nesses setores no período de novembro de 2021 até junho 2022. **Resultados:** Segundo o rateio fornecido pela equipe de farmácia, a UTI neonatal, UTI adulto e a enfermaria DIP, consomem 29,32%, 0,79%, e 0,52% do gás oxigênio encanado total do hospital. No ano de 2020, o custo total de oxigênio no hospital foi de R\$534.521,45, sendo 12% desse valor gasto pela UTI Neonatal, 0,1% gasto pela UTI Adulto e 0,49% na Enfermaria DIP. Em 2021, houve um aumento do valor do oxigênio no tanque além do crescimento da inflação anual, sendo o valor gasto em todo o hospital R\$602.493,35. Em relação ao teste de usabilidade, foi realizado com 75% de todos os profissionais dos setores. Mais de 90% dos profissionais responderam que o treinamento foi de fácil entendimento. Sobre usabilidade, 87% responderam que o dispositivo é de fácil manuseio. A maior dificuldade relatada ao utilizar o equipamento foi a regulação do fluxo, seguida pela visualização do fluxo no display. **Conclusão:** Conclui-se que existe uma fragilidade na forma que o oxigênio é comprado e fiscalizado no hospital, sendo a implementação de uma tecnologia inovadora uma possível solução para melhorar esse processo. Em adição, a aceitação inicial da tecnologia pelos profissionais de saúde e a eficiência do treinamento da solução ATAS O2 foram positivas. Isso traz perspectivas promissoras para a continuidade do estudo em campo no intuito de avaliar benefícios clínicos e de custo-efetividade.

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

ABSTRACT

Introdução: Medical oxygen is an extremely important product for the hospital, being used in several practical approaches. However, it is often poorly managed worldwide, bringing both clinical and financial consequences for patients and hospitals. The company Salvus, faced with this situation, developed a device capable of performing measurement directly on the gas network, as well as sending that information through a network via Internet of Things - IoT. **Objectives:** To assess the need and feasibility of an innovation study initiative in a Brazilian hospital, using a remote IoT medical monitoring device that aims to optimize oxygen use in oxygen therapy generating financial and clinical benefits. **Methods:** Descriptive study, with an analytical component. A situational diagnosis was carried out on the use of oxygen in three sectors of a university hospital in northeastern Brazil and the usability of the proposed device was assessed through training of the multiprofessional team that works directly with the oxygen therapy in these sectors from november 2021 to June 2022. **Results:** According to the required rate: pharmacy equipment, and neonatal ICU, adult ICU, DIP ward, consume 0.79%, 0.52% and 29.32% of the hospital's total encapsulated oxygen. In 2020, the total cost of oxygen spent in the hospital was BRL 534,521.45, with 12% of whis amount, used by the Neonatal ICU, 0.1% by the ICU and 0.49% in the DIP Infirmary. In 2021, there was an increase in the value of the oxygen tank in addition to the growth of annual inflation, with the amount spent in the entire hospital being R\$ 602,493.35. Regarding the usability test, it was carried out with 75% of all professionals in the sectors. More than 90% of professionals responded that the training was easy to understand and that it would facilitate activities with the flowmeter. About the device's ease of use, 87% answered that the device was easy to use, in addition, the main complaint was regarding the ability to change the flow, followed by the flow visualization on the display. **Conclusion:** It was possible to conclude that there is a vulnerability in the way that medical oxygen is purchased and monitored in the hospital. Therefore, the use of an innovative solution could bring benefits to this scenario. In addition, the health professionals' first impression of the device and the efficiency of the training of the ATAS O2 solution were overall positive, which points out that the continuity of the study comprises the evaluation of clinical and cost-effective benefits of the solution would be positive .

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

1. INTRODUÇÃO

As abordagens clínicas do setor de saúde são extremamente dependentes do uso de oxigênio medicinal e a demanda por esse insumo, a nível hospitalar, tende a crescer.^{1,2,3} Esse gás pode ser aplicado durante anestesia geral, recuperação pós-operatória ou procedimentos de emergência, como ressuscitação.⁴ A oxigenoterapia é utilizada em pacientes com condições clínicas que causam hipoxemia, sendo elas, condições crônicas, como no suporte prolongado da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) ou condições mais agudas como uma pneumonia severa.² Pode ser aplicada também na pediatria, sobretudo em infecções respiratórias agudas, consideradas uma das principais causas de morbimortalidade em menores de 5 anos nos países de baixa renda.⁵

Diante da pandemia da COVID-19, tornou-se mais evidente a necessidade de um eficiente gerenciamento do oxigênio medicinal.⁶ A Organização Mundial de Saúde (OMS) já havia enviado diretrizes para o racionamento do insumo diante da grande demanda que a pandemia exerceria sobre os sistemas de saúde, reforçando em seguida com o “*COVID-19 Oxygen Emergency Taskforce*”, um consórcio para prevenir a falta de oxigênio em até 20 países de baixa e média renda.⁷

Este consumo exacerbado deverá ser acompanhado por um aumento de eficiência logística, clínica e financeira do gás. Estudos estimam que gestão ineficiente e vazamentos podem chegar a 66% do consumo total.² Atualmente, o monitoramento do consumo do oxigênio medicinal necessita de um profissional para ajustar a oxigenoterapia prescrita, no fluxômetro convencional, o qual possui baixa eficiência para precisar a dosagem fornecida e/ou possíveis vazamentos. Tudo isso dificulta desde a administração segura ao paciente até o fechamento das contas com a quantidade exata utilizada pelos pacientes, assim, gerando glosas, decorrentes de desperdício e vazamentos.^{8,9,10} Apesar disso, estudos nesta área ainda são escassos, realizados com pouca ou nenhuma relevância estatística.³

Considerando esta realidade, a *Startup Salvus*, uma empresa cuja missão é Ajudar Hospitais, Empresas de Home Care e Operadoras a aumentarem sua eficiência, rentabilidade, qualidade e segurança no atendimento domiciliar, observou ser de extrema importância a criação de um sistema que auxilie a realização de todas essas atividades, bem como traga benefícios clínicos e econômicos, como aumento da capacidade de documentação, de monitoramento e, conseqüentemente, de gestão deste gás. Neste sentido, em parceria com o grupo C.E.S.A.R., houve o desenvolvimento do sistema de Aferição, Transmissão e Análise por Sensores O2 (ATAS O2).

O dispositivo ATAS O₂ é capaz de realizar medições diretamente na tubulação de oxigênio de forma remota, cujo funcionamento independe da infraestrutura do ambiente em que se encontra, bem como é capaz de enviar e receber informações relativas ao consumo do medicamento utilizando-se de uma rede de comunicação de baixo consumo energético e alta eficiência no envio de mensagens específica para redes de Internet das Coisas [*Internet of Things* – IoT]. O conceito de Internet das Coisas (IoT) é definido como um sistema capaz de detectar e se comunicar com a internet e aplicativos.¹¹ Especificamente, a *Internet of Medical Things* (IoMT) é incorporada com uma camada adicional de confiabilidade e segurança intrínseca aos dispositivos médicos no setor de saúde, que podem trazer dinamismo, genericidade e escalabilidade para o setor de saúde e tem ajudado a resolver muitos problemas da área.¹²

É necessário entender o monitoramento atual do oxigênio medicinal e analisar o custo desse insumo por meio de um diagnóstico situacional da cadeia de aquisição, fornecimento e gestão do oxigênio hospitalar, a fim de propor o uso de novas tecnologias como solução futura para melhor eficiência no gerenciamento do recurso e segurança do paciente. Um diagnóstico situacional ou organizacional é construído por meio da coleta em campo e análise de dados, considerado importante ferramenta para entender o contexto ambiental e de interpolação de populações/objetos, bem como auxiliar no planejamento de ações.¹³

Assim, o principal objetivo deste estudo foi analisar a aplicabilidade de uma solução IoT inovadora (ATAS O₂) para monitorização remota e contínua do oxigênio medicinal, mapeando os possíveis benefícios clínicos e econômicos para um hospital universitário brasileiro.

2. MÉTODOS

Estudo quantitativo descritivo, com componente analítico. Foi realizado um diagnóstico situacional sobre a atual utilização do oxigênio medicinal em três setores aleatórios de um hospital universitário brasileiro a fim de construir uma linha de base representativa do uso deste gás, e assim dimensionar as necessidades clínicas e econômicas passíveis da otimização da oxigenoterapia hospitalar com a possível incorporação de uma inovação tecnológica. Desse modo, foi apresentada e instalada a solução IoT ATAS O₂ para monitorização do oxigênio em um leito de cada setor selecionado e testada a usabilidade desta solução IoT, no âmbito de seu desenvolvimento final, por meio de treinamentos teórico-práticos e coleta de feedbacks da equipe multiprofissional envolvida sobre a utilização da solução e o seu aprendizado com a inovação.

Esta pesquisa aconteceu no período de novembro de 2021 até julho de 2022. Para análise da quantidade e custo do oxigênio por setor foi realizada uma análise documental através de um levantamento através de dados fornecidos pela equipe de farmácia do hospital, sendo fornecidas todas as notas fiscais de compra de oxigênio no período de janeiro a dezembro de 2021. Os tipos de oxigênio poderiam variar em sua utilização como: oxigênio líquido acondicionado em tanque de criogênio ou oxigênio gás acondicionado em cilindros de 1m³.

O estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa, sob o parecer de número CAAE 51553821.40000.8807 e os profissionais assinaram TCLE, ata de presença e termo de autorização de uso de imagem caso concordassem em participar da pesquisa, após processo de consentimento durante o período dos treinamentos.

2.1 O diagnóstico situacional da jornada do uso de oxigênio no hospital universitário

Foram realizadas visitas ao setor de farmácia do hospital, responsável por realizar compra, dispensação e distribuição de gases medicinais no hospital. Objetivou-se analisar logística, fluxo de compra e de distribuição de oxigênio realizado pelo setor entre outubro de 2021 a julho de 2022. O instrumento para construção do diagnóstico foi composto pelas seguintes perguntas condutoras: *“Qual a jornada do oxigênio, desde a compra do gás até seu abastecimento para os setores da UTI Adulto, UTI Neonatal e enfermaria DIP?”*, *“Há algum monitoramento de consumo por setor?”*, *“Como se dá o rateio do gás nos setores do hospital?”* *“Qual o custo médio pago na compra de oxigênio para os anos de 2020, 2021 e 2022?”*.

Através das visitas, por meio de entrevistas baseadas nas perguntas condutoras, a planilha de controle de compra e rateio do oxigênio líquido foi gerada com o método utilizado pelo hospital para calcular o custo do insumo. Assim, estas foram analisadas para se chegar aos valores encontrados na construção do diagnóstico situacional. Analisou-se ainda os prontuários eletrônicos no sistema utilizado pelo hospital denominado Aplicativo de Gestão para Hospitais Universitários (AGHU), no intuito de verificar como eram realizados os registros de consumo de oxigênio pela equipe multidisciplinar de cada setor.

2.2 Testes de usabilidade da solução tecnológica IoMT ATAS O₂

O ATAS O₂ foi desenvolvido por meio de metodologia ágil de gerenciamento de projetos, sendo o teste de usabilidade do dispositivo considerada a última fase para os ajustes finais da solução. Esse teste envolve estudos com metodologia científica realizados em campo, para adequação da usabilidade da nova tecnologia por meio das experiências dos usuários que testaram o dispositivo.

Foi utilizado uma unidade do dispositivo ATAS O₂ em cada setor, instalada para os treinamentos e para a equipe se ambientar à nova tecnologia. Os treinamentos ocorreram entre os meses de dezembro de 2021 e maio de 2022. Foram incluídos nos treinamentos profissionais de saúde da equipe multidisciplinar que atuam diretamente com a oxigenoterapia dos pacientes: enfermeiros, fisioterapeutas, médicos e técnicos em enfermagem. Foram excluídos profissionais dos setores que fossem da área de saúde. Devido a alta rotatividade dos profissionais e dificuldades inerentes ao dia-a-dia, a meta seria atingir, pelo menos, 70% de todos os profissionais.

Para o teste de usabilidade, foi realizado um treinamento elaborado com um roteiro, contendo as etapas a serem seguidas. Primeiro foi explicado brevemente o estudo, destacando temas, objetivos e fases do estudo. Depois, foi abordado sobre o dispositivo: natureza IoMT, funcionalidade, objetivos e vantagens da tecnologia e por fim foi compartilhando cinco dicas para uma oxigenioterapia eficiente. Assim, foi demonstrado como conectar o dispositivo na régua de oxigênio e detalhes técnicos para ligar e desligar, ajustar o fluxo e interpretar os sinais de alarme do dispositivo. Por fim, os participantes eram convidados a fazer um teste prático de usabilidade, sendo solicitado para que colocassem o dispositivo na régua e ajustassem para fluxos de oxigênio previamente estipulados. Os treinadores realizaram uma avaliação direta do desempenho dos profissionais.

Durante esse período, 195 profissionais responderam ao questionário de avaliação e de usabilidade do dispositivo. O instrumento foi elaborado pelos pesquisadores, a fim de verificar as primeiras impressões dos profissionais acerca do dispositivo e do estudo. Ele é composto por 12 questões, em que 06 são respondidas de acordo com a escala do tipo Likert (1- Discordo totalmente; 2- Discordo parcialmente; 3- Indiferente; 4- Concordo parcialmente; 5- Concordo totalmente) e 03 questões são de múltipla escolha acerca de possíveis dificuldades ao manusear o dispositivo. Nestas 03 questões finais os participantes foram convidados a tecer comentários e sugestões (Apêndice I).

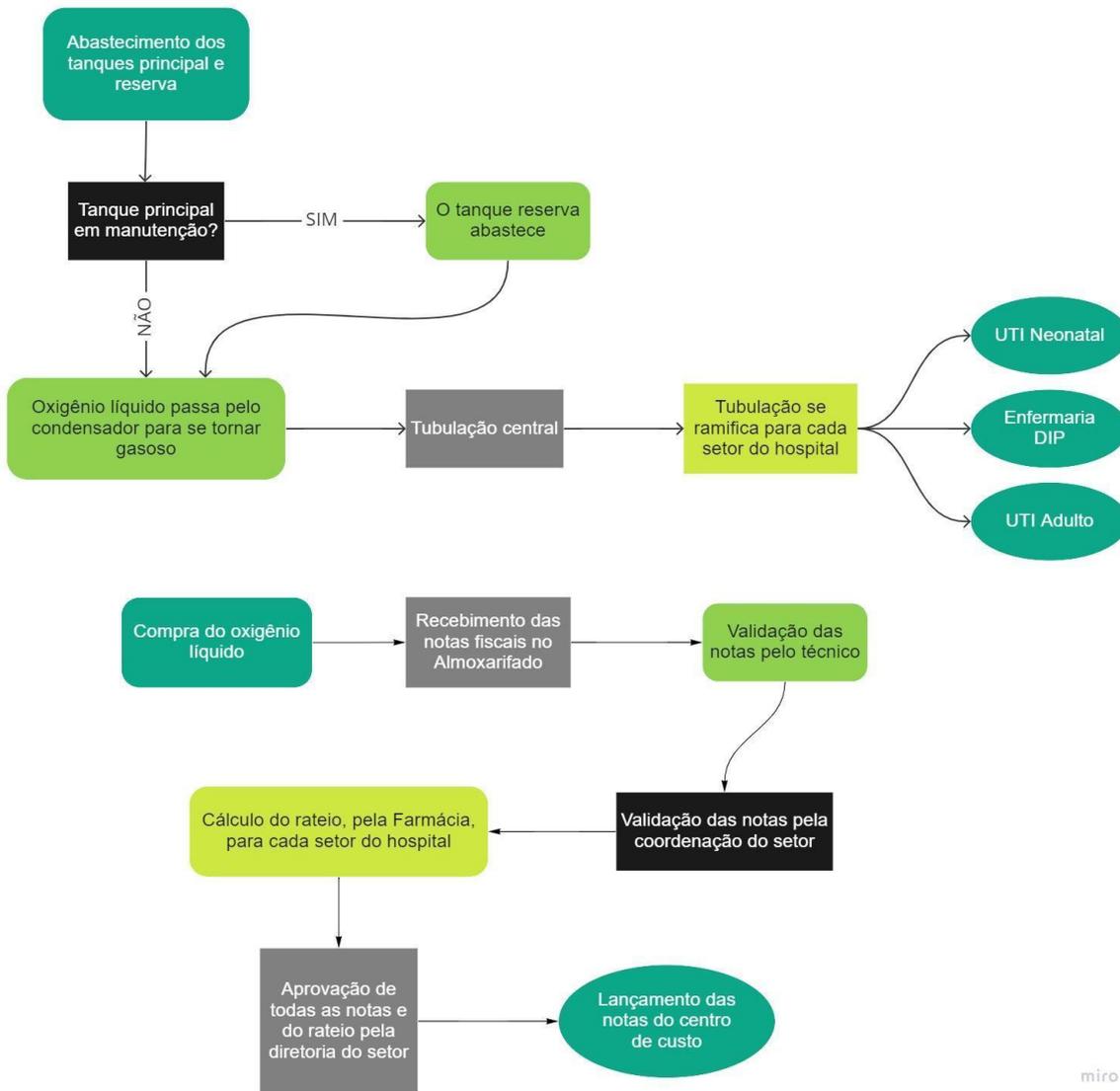
Os dados obtidos nos questionários foram armazenados no programa Google Sheets, e a análise estatística foi feita de forma descritiva, com medidas de frequência absolutas e relativas.

3. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico situacional da jornada do uso de oxigênio em um hospital universitário

O oxigênio é armazenado através de um tanque de oxigênio líquido ou em cilindros de 1m³, 7m³ ou 10m³, devido ao transporte de pacientes e às enfermarias que não possuem régua hospitalar. A compra do oxigênio é feita por meio de licitação, através do estabelecimento de um empenho, que é o primeiro estágio de um processo de pagamento da Administração Pública, pelo qual é feita a reserva de dotação orçamentária para um determinado fim, criando a obrigação de pagamento para o Estado, que arcará com a quantidade de gás medicinal necessária durante aquele período. A figura 1 esquematiza todo o fluxo de abastecimento e compra de oxigênio até sua distribuição nos setores.

Figura 1. Diagnóstico Situacional da Jornada do Oxigênio em um hospital universitário do nordeste brasileiro



miro

Não existe nenhum protocolo específico para alterações na forma de compra de oxigênio em possíveis emergências, como na pandemia da COVID-19. Em caso de falha no tanque principal, existe um armazenamento de cilindros, fornecido e fiscalizado pela própria fornecedora terceirizada, que pode, temporariamente, abastecer todo o Hospital. O controle da quantidade total de oxigênio no tanque e necessidade de reabastecimento também é monitorada pela empresa, que consegue visualizar o valor através da pressão total do tanque. O gerenciamento de oxigênio e apoio logístico nos setores é realizado pela equipe de farmácia através de rondas diárias, com análise da entrega atual do oxigênio e da necessidade de abastecimento e pedido de cilindros. Após compra e validação das notas pelos setores, o rateio é feito de forma convencional pela farmácia, definindo um percentual para cada setor do Hospital, sem nenhuma métrica que traga precisão para esses valores.

Atualmente, o hospital universitário estudado apresenta 365 leitos e um total de 354 pontos de O₂, sendo eles 21 na UTI neonatal, 12 na UTI adulto e 18 na enfermaria DIP, onde cada um consome, pelo rateio feito pela farmácia, 29,32%, 0,79%, e 0,52% do gás oxigênio encanado total do hospital. Nota-se que a UTI neonatal é o segundo setor que mais gasta oxigênio do hospital, ficando praticamente empatado com o bloco cirúrgico que, mesmo com 4 pontos a menos, gasta 29,67%.

Através de dados fornecidos pela equipe de farmácia, representados na Tabela I, no ano de 2020, o custo anual com oxigênio em cada setor foi de R\$ 63.716,11 (12% referente ao total) na UTI Neonatal, R\$ 2.631,23 na Enfermária DIP e R\$ 4.859,48 (0,1% referente ao total) na UTI Adulto, totalizando, juntamente com os outros setores do hospital, um custo global de R\$ 534.521,45 (100%). A média mensal do custo com oxigênio no referido ano, em todo o hospital, foi de R\$ 44.545,16, sendo de R\$ 5.309,67 na UTI Neonatal, R\$ 219,26 na Enfermária DIP e R\$ 404,95 na UTI Adulto, totalizando 13,32% do total.

No ano de 2021, não foi possível obter os dados referentes aos meses de novembro e dezembro por problema no sistema de computação, sendo assim, foi feita uma projeção para o custo nesses meses utilizando a média do valor dos outros 10 meses. Neste ano, o valor do cilindro de oxigênio acompanhou o crescimento da inflação anual, aumentando 4,52%, porém o custo de oxigênio da rede hospitalar, pelo tanque de oxigênio, não respeitou o valor da inflação, tendo o custo aumentado em 19%. O custo anual com oxigênio em cada setor foi de R\$ 83.568,90 na UTI Neonatal, R\$ 6.666,55 na Enfermaria DIP e R\$ 8.112,49 na UTI Adulto, totalizando, juntamente com os outros setores do hospital, um custo de R\$ 602.493,35. A média mensal do custo com oxigênio no referido ano, em todo o hospital, foi de R\$ 58.913,85, sendo de R\$ 7.400,99 na UTI Neonatal, R\$ 515,26 na Enfermaria DIP e R\$ 404,95 na UTI Adulto.

Quanto ao ano de 2022, o hospital forneceu os dados de compra de 4 meses, onde não se observou uma diferença significativa em relação ao consumo de cada setor. No entanto, foi verificado um acréscimo no preço do oxigênio, não respeitando a progressão de inflação anual, principalmente em relação ao custo do oxigênio em tanque. Assim, o valor do oxigênio em tanque aumentou aproximadamente 28%, sendo o valor do m³ em 2021 de R\$ 1,21 reais e de R\$1,56, em 2022. O valor do cilindro de 1m³ e de 7m³ aumentou, respectivamente, 15% e 36%.

Tabela I - Custo dos gastos com O₂ em um hospital universitário do nordeste brasileiro durante os anos de 2020 e 2021.

		Unidades	2020	Unidades	2021
VALOR ANUAL	Oxigênio em cilindro de 1m ³ (por m ³)		R\$ 41,17		R\$ 49,40
	Oxigênio em cilindro de 7 a 10m ³ (por m ³)		R\$ 6,79		R\$ 8,15
	Oxigênio da rede hospital (tanque de oxigênio)		R\$ 1,01		R\$ 1,21
UTI Neonatal	Oxigênio em cilindro de 1m ³ (por m ³)	32	R\$ 1.317,44	44,00	R\$ 2.173,60
	Oxigênio em cilindro de 7 a 10m ³ (por m ³)	0	R\$ 0,00	0,00	R\$ 0,00
	Oxigênio da rede hospital (tanque de oxigênio)	61.781	R\$ 62.398,68	67.268,85	R\$ 81.395,31
	TOTAL		R\$ 63.716,12	0,00	R\$ 0,00
UTI Adulto	Oxigênio em cilindro de 1m ³ (por m ³)	84	R\$ 3.458,28	138,00	R\$ 6.817,20
	Oxigênio em cilindro de 7 a 10m ³ (por m ³)	53	R\$ 359,87	0,00	R\$ 0,00
	Oxigênio da rede hospital (tanque de oxigênio)	1031,02	R\$ 1.041,33	1.070,49	R\$ 1.295,29
	TOTAL		R\$ 4.859,48	0,00	R\$ 0,00
Enfermaria DIP	Oxigênio em cilindro de 1m ³ (por m ³)	34	R\$ 1.399,78	91,00	R\$ 4.495,40
	Oxigênio em cilindro de 7 a 10m ³ (por m ³)	28	R\$ 190,12	0,00	R\$ 0,00
	Oxigênio da rede hospital (tanque de oxigênio)	1031	R\$ 1.041,31	1.794,32	R\$ 2.171,13
	TOTAL		R\$ 2.631,21	0,00	R\$ 0,00
Hospital Geral	Oxigênio em cilindro de 1m ³ (por m ³)	1046,5	R\$ 43.084,41	1.656,70	R\$ 81.840,98
	Oxigênio em cilindro de 7 a 10m ³ (por m ³)	1110,66	R\$ 7.541,38		
	Oxigênio da rede hospital (tanque de oxigênio)	481282,16	R\$ 486.094,98	426.097,00	R\$ 602.493,36
	TOTAL		R\$ 536.720,77		R\$ 684.334,34

3.2. A avaliação da usabilidade do ATAS O₂ pelos profissionais de saúde

O teste de usabilidade do dispositivo foi realizado por 75% de todos os profissionais. Verificou-se que 86 (44,10%) eram técnicos em enfermagem, 44 (22,56%) médicos, 41 (21,03%) enfermeiros e 24 (12,31%) fisioterapeutas. A maioria dos profissionais (72,31%) possuíam mais de 10 anos de experiência.

Sobre os treinamentos, representado pela tabela I, quase a totalidade da amostra (95%) avaliou-os com nota maior que 8; 75,38% avaliaram com nota 10; mais de 90% dos profissionais concordaram totalmente que o treinamento foi de fácil entendimento e, aproximadamente, 97% concordaram que o treinamento iria facilitar as atividades com o fluxômetro IoT digital. Mais de 80% dos participantes alegaram que, ao final do treinamento, todas as dúvidas acerca da pesquisa e do dispositivo haviam sido sanadas.

Tabela II - Questionário sobre avaliação da usabilidade do ATAS O₂ pelos profissionais de saúde de um hospital universitário do nordeste brasileiro no período de 2021- 2022.

Questões	Variável	N	%
Profissão	Téc de enfermagem	86	44,10%
	Enfermeiro	41	21,03%
	Fisioterapeuta	24	12,31%
	Médico	44	22,56%
	Total	195	100,00%
Anos de experiência profissional	< 10 anos	54	27,69%
	> 10 Anos	141	72,31%
	Total	195	100,00%
A avaliação do treinamento do ATAS O ₂	5	3	1,54%
	6	2	1,03%
	7	4	2,05%
	8	9	4,62%
	9	30	15,38%
	10	147	75,38%
	Total	195	100,00%
O treinamento foi de fácil entendimento?	Concordo Parcialmente	13	6,67%
	Concordo Totalmente	182	93,33%
	Total	195	100,00%
Este treinamento irá facilitar as atividades com o fluxômetro ATAS O ₂ ?	Concordo Parcialmente	32	16,41%
	Concordo Totalmente	157	80,51%
	Total	195	100,00%
Com base nas primeiras impressões sobre o fluxômetro digital ATAS O ₂ , este é um equipamento de fácil manuseio.	Concordo Parcialmente	23	11,79%
	Concordo Totalmente	170	87,18%
	Não respondeu	2	1,03%
	Total	195	100,00%
Após o treinamento todas suas dúvidas acerca da pesquisa foram esclarecidas	Não Foi possível observar	2	1,03%
	Discordo totalmente	0	0,00%
	Discordo Parcialmente	1	0,51%
	Indiferente	2	1,03%
	Concordo Parcialmente	25	12,82%
	Concordo Totalmente	164	84,10%
	Não respondeu	1	0,51%
Total	195	100,00%	

Após o treinamento todas as suas dúvidas sobre o equipamento foram esclarecidas.	Discordo totalmente	1	0,51%
	Discordo Parcialmente	0	0,00%
	Indiferente	1	0,51%
	Concordo Parcialmente	31	15,90%
	Concordo Totalmente	161	82,56%
	Não respondeu	1	0,51%
	Total	195	100,00%

A tabela III demonstra o resultado do questionário sobre avaliação da usabilidade do ATAS O₂ pelos profissionais de saúde do hospital universitário estudado. Em relação à essas questões, 87,18% dos profissionais concordam que o ATAS O₂ é um equipamento de fácil manuseio; dos 37 respondentes ao item sobre ter encontrado alguma dificuldade ao manusear o equipamento, 43% alegaram que era devido a experiência, visto que era a primeira vez que manusearam o dispositivo, e 5% ao design do próprio produto. Notou-se que 71% dos participantes alegaram que a maior dificuldade experimentada ao utilizar o equipamento foi a regulação do fluxo, seguida pela visualização do fluxo no display.

Tabela III - Questionário de usabilidade do dispositivo ATAS 0₂ realizado durante treinamento dos profissionais no hospital universitário no nordeste brasileiro.

Questões	Variável	N	%
Caso você tenha encontrado alguma dificuldade ao manusear o equipamento, a quem você atribui esta dificuldade?	Treinamento	2	5,41%
	Informações	1	2,70%
	Experiência	16	43,24%
	Design do próprio equipamento	5	13,51%
	Não se aplica e não houve dificuldade	4	10,81%
	Outros	3	8,11%
	Total		31
Qual foi o item de maior dificuldade que você experimentou ao utilizar o equipamento?	Regulação do fluxo	41	71,93%
	Visualização do fluxo no display	4	7,02%
	Encaixe do dispositivo na régua hospitalar	3	5,26%
	Identificação dos alertas de funcionamento	0	0,00%
	Não se aplica / Não identificou dificuldade	8	14,04%
	Outros	1	1,75%
	Total		57
Comente qual é o motivo da dificuldade de execução da atividade acima.	Alta Sensibilidade do Volante	32	16,41%
	Não respondeu	154	78,97%
	Outros	9	4,62%
	Total		195

4. DISCUSSÃO

No presente estudo, foi possível evidenciar uma fragilidade na apuração de custos do oxigênio medicinal, uma vez que não é relacionado os gastos do rateio com os custos deduzidos da prescrição da oxigenoterapia em prontuários ou a existência de sistema de custos que permita uma gestão estratégica de custos. Em adição, as perdas por uso inapropriado e de vazamentos não são quantificadas e esse desperdício, segundo um estudo espanhol, pode chegar a custar R\$ 46 mil (7000 €/ano) por ano.³

Ainda há uma escassez de processos que permitam um melhor gerenciamento deste gás medicinal por meio de métricas precisas, contínuas e auditáveis, que apontam para uma necessidade de automatização deste processo. Além disso, na avaliação dos prontuários e protocolos existentes verificou-se lacunas para avaliar por 24 horas a aderência do paciente a oxigenioterapia prescrita, bem como se as diretrizes preconizadas para oxigenioterapia são acompanhadas pelos profissionais de saúde.

Assim, através da inovação tecnológica, é possível garantir uma eficiência econômica no uso do oxigênio medicinal, trazendo além da vantagem econômica, alguns benefícios clínicos. Por exemplo, um artigo de revisão sobre DPOC ratificou a necessidade de intervenções em saúde no âmbito da oxigenioterapia, devido a identificação da falta de boas práticas clínicas desde da prescrição até a monitorização do consumo de oxigênio e, consequentemente, no fechamento das contas em auditorias.¹⁴

Dentro desta perspectiva de gestão do oxigênio, foi evidenciado a vulnerabilidade do hospital para situações emergenciais, visto que não existe nenhum protocolo específico para alterações na forma da gestão do oxigênio nessas situações. Uma boa gestão de insumos e protocolo específico para emergências é crucial, isso foi evidenciado em janeiro de 2021, quando o Brasil vivenciou uma crise humanitária com o desabastecimento de oxigênio no estado do Amazonas.¹⁵

Desse modo, podemos afirmar que os resultados deste estudo servem como dados exploratórios para o delineamento de um estudo posterior que analise de forma abrangente a incorporação da Solução IoT ATAS O₂ nesta categoria hospitalar. Visto que, essa inovação traz factíveis possibilidades de benefícios relacionados a logística, a realocação de recurso, a monitorização clínica remota e a disponibilização de métricas que minimizam o risco de desabastecimento ou ingerência do oxigênio hospitalar durante pandemias como a da COVID-19.⁷

Diante da análise do custo de oxigênio hospitalar deste estudo foi demonstrado que aproximadamente 30% de todo gás oxigênio encanado utilizado pelo o hospital foi consumido pela UTI neonatal. Assim, dentre os três setores estudados, a UTI neonatal foi a que mais fez uso deste insumo. Isso pode ser explicado pelo fato da oxigenoterapia ser considerada a principal terapia para a síndrome do desconforto respiratório, uma das condições clínicas mais prevalentes em recém-nascidos em estado grave e principal causa de admissão neste setor. Além do que, pacientes nesse estado apresentam uma maior probabilidade de ter uma parada cardiorespiratória, necessitando de suprimento de oxigênio, o que também impacta na elevada parcela de custo aos hospitais por este setor.¹⁶⁻¹⁷

Perante os comentários dos profissionais de saúde quanto ao treinamento da solução ATAS O₂, foi possível perceber que a maioria dos profissionais relataram que o leitor digital do dispositivo trazia maior acurácia no ajuste manual e interpretação/leitura do fluxo do oxigênio. Essa acurácia é importante, pois é imperativo que a oxigenoterapia seja fornecida em níveis precisos e seguros a fim de prevenir danos referentes a hipóxia e hiperóxia. A retinopatia na infância, comorbidade que acomete principalmente prematuros com menos de 30 semanas, ocorre devido ao uso excessivo de oxigênio e pode levar a perda total ou parcial da visão.¹⁸

Os treinamentos se mostraram cruciais para uma melhor aceitação e engajamento no uso do ATAS O₂ pelos profissionais de saúde, sendo essa etapa essencial ao processo de decisão e implementação de uma nova tecnologia. Na análise de um estudo sobre a instalação de um novo sistema de prontuário eletrônico em hospitais da Inglaterra, mostrou que o processo de aceitação e desenvolvimento do sistema pode ser prejudicado e retardado pela falta de assistência e treinamentos adequados da equipe de saúde.¹⁹

O feedback da maioria dos profissionais de saúde, por meio do teste de usabilidade, revelou uma possível limitação do dispositivo ao alegaram uma dificuldade no manuseio do dispositivo devido a alta sensibilidade do volante regulador do fluxo de oxigênio. Diante

deste resultado, o time de desenvolvimento do ATAS O₂ decidiu direcionar um treinamento para suprimir essa limitação e minimizar esse problema em versões futuras, melhorando assim, a percepção da qualidade do dispositivo. Essa etapa é de extrema importância, visto que a Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologia (CONITEC) afirma que durante o processo de incorporação de tecnologia em saúde no SUS deve-se comprovar a efetividade e segurança da tecnologia, por meio de pesquisas científicas em campo.²⁰

É importante salientar que a solução ATAS O₂ também foi testada por meio de outro estudo realizado em um hospital privado do estado de São Paulo, com a finalidade de validação, desenvolvimento e incorporação desta solução tecnológica. Nessa pesquisa, os resultados preliminares demonstraram que o ATAS O₂ foi capaz de realizar um monitoramento do oxigênio de forma mais precisa e eficiente que o monitoramento manual indireto por meio da análise de prontuários médicos pelo setor de apuração de custos de gases medicinais. Assim, evidenciou-se a diminuição de desperdícios financeiros e ofereceu-se um melhor plano terapêutico aos pacientes, detectando 346,5% a mais de volume consumido de oxigênio do que o computado manualmente pelos profissionais do setor de custos no mesmo período. Ademais, a precisão do fluxômetro digital foi relatada como um benefício clínico por facilitar o processo de desmame da oxigenoterapia dos pacientes.

A presente pesquisa sugere que melhorias nos sistemas de gestão do oxigênio medicinal podem ser uma intervenção altamente econômica, além de trazer benefícios clínicos para os pacientes. Assim, recomenda-se a realização de um estudo de avaliação econômica da solução ATAS O₂ a fim de gerar mais evidências para o processo decisório de sua incorporação. Tal como um estudo nigeriano que analisou a viabilidade e eficiência da utilização de um sistema que otimiza o uso do oxigênio medicinal em 12 hospitais do país. Este estudo demonstrou que esse novo sistema foi altamente econômico quando comparado a outras intervenções essenciais à saúde da criança, como a imunização. Por conseguinte, relatou que mediante o desenvolvimento de novas tecnologia pode-se oferecer melhorias no uso do oxigênio medicinal.²¹

Este estudo possui limitações devido a sua restrição a uma análise descritiva de um diagnóstico situacional do gerenciamento de oxigênio em apenas três setores do hospital, bem como o mapeamento da necessidade desta inovação nesses setores. Além disso, o treinamento, o uso e avaliação desta solução inovadora pelos profissionais de saúde só pode ser caracterizada com uma fase de pré-intervenção da solução ATAS O₂. Assim, enfatiza-se a importância de continuidade do estudo em campo, no intuito de avaliar a custo-efetividade da

solução, além de se identificar os benefícios clínicos diretos ao se avaliar o alcance de uma meta clínica de otimização da oxigenoterapia escolhida pela equipe interprofissional da saúde.

Enfim, foi possível perceber que existiu uma boa aceitação inicial da tecnologia pelos profissionais de saúde, uma eficiência no treinamento do solução ATAS O₂ e promissoras perspectivas para que esta solução tenha um custo-benefício e benefícios clínicos para este hospital universitário no nordeste brasileiro. Assim, por meio de um perspectiva tecnológica poderá ser possível resolver um problema na gestão de gases medicinais, aumentar a velocidade do processamento de custos do oxigênio, melhorar o acesso aos dados de consumo de oxigênio do paciente por 24 horas/remotamente, reduzir custos diretos e indiretos do gerenciamento do oxigênio e iniciar uma cultura e educação permanente do uso de inovação IoT no ambiente hospitalar. Por fim, na perspectiva da saúde adaptada do Quadruple Aim existem possibilidades para: melhorar a experiência e saúde do paciente em relação à assistência, reduzir o custo per capita dos cuidados da oxigenoterapia e melhorar a experiência da prestação de cuidados pela equipe gerencial e assistencial da saúde. Desse modo, avancemos para desenvolver e avaliar novas soluções tecnológicas que otimizem o uso do oxigênio medicinal, garantido boas práticas clínicas e econômicas no ambiente hospitalar.²²

REFERÊNCIAS

1. V. Singh, P. Gupta, S. Khatana, and A. Bhagol, “Supplemental oxygen therapy: Important considerations in oral and maxillofacial surgery.,” *Natl. J. Maxillofac. Surg.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–4, Jan. 2011.
2. B. Akpunonu, A. Mutgi, N. Wasielewski, M. Lachant, and G. A. Y. E. Martin, “Inappropriate Use of Oxygen: Loss of a Valuable Healthcare Resource,” pp. 244–246, 1991.
3. G. Miguel and J. Garc, “Analytical Determination of Medical Gases Consumption and Their Impact on Hospital Sustainability,” *Sustainability* 2018, 10(8), 2948, 2018.
4. S. Helliari, “Improving oxygen prescribing rates by tailoring interventions for specific healthcare professional groups,” *BMJ Qual. Improv. Reports*, vol. 5, no. 1, p. u209520.w4033, 2016.
5. M.C. Luna Paredes et al. Fundamentos de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas: indicaciones, metodos, controles y seguimiento. 2009 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L. DOI:10.1016/j.anpedi.2009.05.012
6. Kerr, Ligia Regina Franco Sansigolo 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: <<https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003728>>. ISSN 1518-8787. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003728>.
7. COVID-19 oxygen emergency impacting more than half a million people in low- and middle-income countries every day, as demand surges [Internet]. www.who.int. [cited 2022 Oct 3]. Available from: 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%20
8. National Patient Safety Agency, “Oxygen safety in hospitals,” *Natl. Patient Saf. Agency*, no. September, pp. 1–17, 2009.
9. J. L. Cousins, P. A. B. Wark, and V. M. McDonald, “Acute oxygen therapy: a review of prescribing and delivery practices.,” *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.*, vol. 11, pp. 1067–75, 2016.

10. A. G. González, J. García-Sanz-Calcedo, and D. R. Salgado, “Quantitative determination of potable cold water consumption in German Hospitals,” *Sustain.*, vol. 10, no. 4, pp. 1–13, 2018
11. Minerva, R., Biru, A., & Rotondi, D. (2015). Towards a definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet Initiative*, 1(1), 1-86.
12. Gatouillat, A., Badr, Y., Massot, B., & Sejdić, E. (2018). Internet of medical things: A review of recent contributions dealing with cyber-physical systems in medicine. *IEEE internet of things journal*, 5(5), 3810-3822.
13. Kerr, Ligia Regina Franco Sansigolo 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: <<https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003728>>. ISSN 1518-8787. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003728>.
14. McDonald V, Cousins J, Wark P. Acute oxygen therapy: a review of prescribing and delivery practices. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* [Internet]. 2016 May;11(1):1067. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4888716/>
15. 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-colapso>
16. Martins EL, Padoin SM de M, Rodrigues AP, Zuge SS, Paula CC de, Trojahn TC, Bick MA. Caracterização de recém-nascidos de baixo peso internados em uma unidade de terapia intensiva neonatal. *Rev Enferm UFSM* [Internet]. 8º de julho de 2013 [citado 30º de setembro de 2022];3(1):155-63. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reufsm/article/view/7412>
17. NOBREGA, R. D. F., HORIZGOSHI, N. K., JUNIOR, J. C. (2021). *GESTÃO EM UTI PEDIÁTRICA E NEONATAL* (1st ed., Vol. 1).
18. Walsh BK, Smallwood CD. Pediatric Oxygen Therapy: A Review and Update. *Respiratory Care* [Internet]. 2017 Jun 1;62(6):645–61. Available from: <http://rc.rcjournal.com/content/62/6/645#sec-26>
19. 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 [Internet]. 2011 Oct 17;343(oct17 1):d6054–4. Available from: <https://www.bmj.com/content/343/bmj.d6054>
20. 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)
21. Graham HR, Bakare AA, Ayede AI, Eleyinmi J, Olatunde O, Bakare OR, et al. Cost-effectiveness and sustainability of improved hospital oxygen systems in Nigeria. BMJ Global Health. 2022 Aug;7(8):e009278.
22. Goldberg, E.M., Lin, M.P., Burke, L.G. et al. Perspectives on Telehealth for older adults during the COVID-19 pandemic using the quadruple aim: interviews with 48 physicians. BMC Geriatr 22, 188 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12877-022-02860-8>

APÊNDICES

APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO TREINAMENTO E USABILIDADE DO FLUXÔMETRO DIGITAL ATAS O₂-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 O₂.

- (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 O₂, 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.

Questões sobre usabilidade da solução

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!

APÊNDICE 2- INSTRUMENTO DE OBSERVAÇÃO DA ATIVIDADE PRÁTICA DO TESTE DE USABILIDADE DO FLUXÔMETRO DIGITAL ATAS O2-FASE I

Local:					
Data:					
Horário:					
Tipo de usuário (enfermeiro, médico ou fisioterapeuta)					
Tarefa	Etapa	Sucesso	Falha	Tempo de execução (s)	Comentário
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				