

Uso de *Technology Probe* na Engenharia de Sistemas de Software para Saúde

Luciana Nascimento¹, Larissa Galeno¹, Clinton Hudson Pessoa¹, Patricia Furtado Silva¹, Guilherme Horta Travassos¹

¹Programa de Engenharia de Sistemas e Computação– Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFJ) – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{lmnascimento, galeno, chmp, pfurtado, ght}@cos.ufrj.br

Abstract. *The growing demand for IoT systems in healthcare drives the creation of wearable devices for continuous patient monitoring. However, effectively building these devices requires a comprehensive engineering approach seeking quality hardware, software, and manufacturing. This study describes two Technology Probe (TP) sessions to evaluate the usability and suitability of an IoT device for collecting patient clinical condition data (oxygen saturation, temperature, and heart rate) to support hospital monitoring and share strategies and learned lessons on executing validated learning cycles to gather insight from prospective users, in terms of emotional reactions, opinions, and ideas. A set of requirements proposals was organized to support decisions on evolving the idealized proposal, and improvement possibilities to the TP strategy were identified.*

Resumo. *A crescente demanda por sistemas IoT na saúde impulsiona a criação de dispositivos vestíveis para monitoramento de pacientes continuamente. Entretanto, a construção eficaz destes dispositivos requer uma abordagem abrangente de engenharia buscando qualidade de hardware, software e manufatura. Este estudo descreve a condução de duas sessões de Technology Probe (TP) para avaliar a usabilidade e adequação de um dispositivo IoT para coletar dados de condições clínicas de pacientes (saturação de oxigênio, temperatura e frequência cardíaca) para apoiar o acompanhamento hospitalar e compartilha estratégias e lições aprendidas sobre a execução de ciclos de aprendizado validado com coleta de percepção de usuários prospectados, em termos de reações emocionais, opiniões e ideias. Um conjunto de propostas de requisitos foi organizado para apoiar as decisões de evolução da proposta ideada e foram identificadas possibilidades de melhorias para a estratégia de TP.*

1. Introdução

A Internet das Coisas (IoT) abriu portas para uma ampla gama de oportunidades e transformou a forma como interagimos com o mundo. Com a crescente interconexão de dispositivos e sensores, a IoT tem impulsionado uma revolução tecnológica, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, o que resulta em uma tomada de decisão mais inteligente e baseada em informações fidedignas [Motta et al. 2018].

Na área da engenharia da saúde, a IoT tem sido utilizada para integrar dispositivos inteligentes, apoiando serviços e profissionais por meio da coleta e análise contínua de dados dos pacientes, dos equipamentos, do ambiente, entre outros, proporcionando

interação entre objetos, seu monitoramento e ações remotas. A aplicação dessa tecnologia proporciona ganhos na eficiência gerencial e na qualidade dos serviços prestados [Kelly et al. 2020].

A pandemia da COVID-19 influenciou a evolução do modelo de atenção à saúde, ressignificado com a introdução de tecnologias contemporâneas no monitoramento dos indivíduos doentes. A integração de dispositivos inteligentes com o uso da tecnologia IoT foi experimentada para disponibilizar um volume de dados útil, auxiliando na identificação de surtos de doenças e das variáveis envolvidas, para o monitoramento de dados clínicos dos indivíduos, auxiliando o manejo dos casos dentro e fora dos hospitais, e para a gestão estratégica dos recursos [Al-Atawi et al. 2022]. Adicionalmente, a crise pandêmica revelou a carência de tecnologia nos hospitais públicos brasileiros e estimulou o direcionamento de esforços em prol da engenharia de sistemas de software contemporâneos IoT para a área da saúde [Al-Atawi et al. 2022].

Este artigo relata observações acerca da aplicação de uma abordagem de *Technology Probe* (TP) [Hutchinson et al. 2003] na avaliação de um dispositivo IoT desenvolvido para auxiliar no monitoramento e análise de dados vitais de pacientes, como os dispositivos convencionais de oximetria, porém, a um custo mais acessível. O dispositivo IoT, parte de um sistema de software mais abrangente, está sendo construído em um contexto de inovação com alto grau de incerteza, visto que os requisitos foram conjecturados pelo time de desenvolvimento, visando sua disponibilização em complexos hospitalares. Não há antecipadamente clientes e/ou usuários responsáveis por definir, priorizar e validar os requisitos do produto. Situações como esta levam as organizações a operarem em um contexto de grandes incertezas quanto ao domínio do problema, à adequação da solução proposta e aos possíveis usuários.

Nessas circunstâncias, é viável adotar estratégias iterativas e evolutivas que permitam a equipe desenvolver o produto de software por meio de ciclos de aprendizado validado [Ries 2011] que viabilizem experimentar ideias e propostas com os potenciais usuários, aprender com isso, evoluir a proposta e basear tomadas de decisão para o ciclo de desenvolvimento subsequente. Também é conhecido como ciclo de *probe and learn* [Cole 2002], *loop* Construir-Medir-Aprender [Ries 2011] [Blanck 2013] ou experimentação contínua [Holmström Olsson e Bosch 2016] [Lindgren e Münch 2015]. Esta abordagem tem como objetivo ajudar a reduzir incertezas como sobre as características do produto de software, sua aceitação pelo possíveis usuários, adequabilidade ao contexto pretendido e sobre o modelo de negócio adequado, além de obter novas ideias para o desenvolvimento contínuo, especialmente no desenvolvimento de software para inovação [Cole 2002].

Neste sentido, descrevemos nossa experiência em utilizar uma abordagem de TP em sessões de avaliação de um dispositivo IoT de baixo custo pertencente a um projeto de sistema de software para a saúde, com o objetivo de capturar a atitude e a percepção de uma amostra de possíveis usuários, além de ideias de requisitos. Foram usados instrumentos para coleta de reações emocionais como indicador de nível de aceitação, bem como os adjetivos utilizados para qualificar o dispositivo e sugestões de evolução como indicadores da experiência do usuário e de sua avaliação das características do dispositivo. Os resultados foram organizados para apoiar o time do projeto a decidir as evoluções necessárias no dispositivo nos próximos ciclos de desenvolvimento.

Os resultados apresentados neste trabalho permitem que profissionais da prática percebam as estratégias e instrumentos envolvidos na realização de uma sessão de avaliação com TP, a qual pode contribuir na aquisição de dados qualitativos de seu produto de software inovador voltado para o mercado sob a perspectiva do usuário.

A próxima seção descreve o sistema de software e o dispositivo IoT utilizado. A Seção 3 apresenta a fundamentação teórica acerca da abordagem de TP. A Seção 4 apresenta o planejamento e a execução das sessões de avaliação. Em seguida, a Seção 5 apresenta os resultados discutindo as lições e oportunidades de melhoria para o dispositivo IoT. Por fim, a Seção 6 apresenta nossas considerações finais, incluindo uma discussão sobre as limitações dos resultados e expectativas de evolução do produto.

2. O Sistema OxímetroIoT

O propósito do sistema OxímetroIoT é oferecer uma ferramenta de baixo custo para complexos hospitalares de forma a facilitar o monitoramento de condições físicas (porcentagem de oxigenação, temperatura e frequência cardíaca) de pacientes em enfermarias, permitindo a coleta frequente destes sinais vitais com o mínimo de intervenção humana e, por consequência, a diminuição do tempo para detectar necessidade de ação e executar a ação. Para tal, foi projetado um dispositivo (hardware de baixo custo encapsulado em elementos manufaturados) e utilizando software no paradigma IoT que coleta dados vitais dos pacientes por meio de sensores e os transmite por meio de um *broker* (*middleware*) para um *dashboard* de monitoramento.

O sistema de software OxímetroIoT possui três componentes que se comunicam por meio de um *Broker* (Figura 1A): (i) dispositivo IoT e sua parte vestível, (ii) dashboard para monitoramento remoto e (iii) banco de dados. A Figura 1B mostra a pulseira, onde estão localizados os sensores e ao lado o dispositivo IoT onde é realizado o cálculo das medidas com seu visor, que exibe as medidas coletadas e que são transmitidas para o Dashboard por meio do *broker*. A pulseira e a caixa do dispositivo IoT utilizaram impressão 3D para sua confecção.

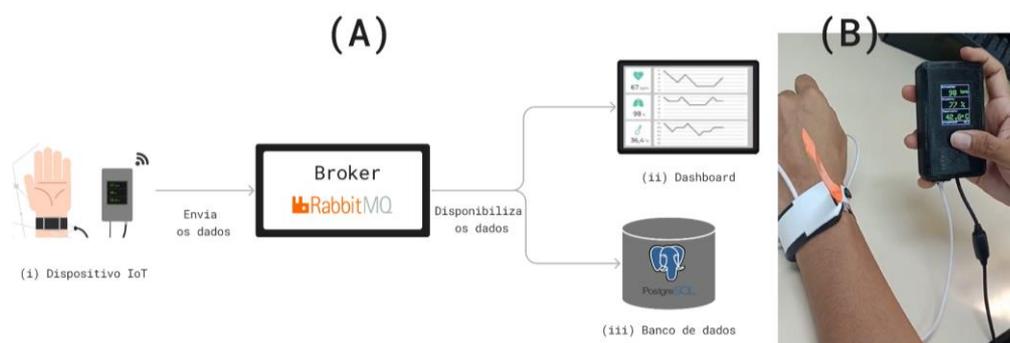


Figura 1. OxímetroIoT: A) Componentes principais e B) Exemplo de uso

A comunicação entre os componentes do sistema de software ocorre da seguinte forma: (i) a pulseira (com sensores MAX 30105 e MLX 90614) é responsável por fazer a captura dos dados de oxigenação, frequência cardíaca e temperatura dos pacientes e os envia para o dispositivo IoT (processador ESP8266), que por sua vez realiza os tratamentos necessários, exibe no visor (ST7735) integrado (ver a Figura 1) e os envia para o *broker* (*RabbitMQ*, sistema de comunicação intermediário que viabiliza a transferência de informações entre dispositivos e sistemas). O dashboard consome os

dados dos dispositivos IoT por meio do *broker* e os apresenta em sua interface web (ii), permitindo o monitoramento remoto, e também armazena estes dados no banco de dados (implementado em PostgreSQL) para uso em atividades futuras de investigação de saúde (iii). A Figura 1(A) ilustra essa arquitetura de comunicação.

O desenvolvimento do sistema OxímetroIoT e seus componentes ocorreu em processo de evolução contínua. Antes do desenvolvimento do dispositivo ilustrado na Figura 1, foram criados MVPs (Minimum Viable Products - Produto Minimamente Viável) para permitir à equipe avaliar as soluções propostas, como por exemplo, para o formato e o material do vestível onde os sensores são embutidos, assim como o refinamento do algoritmo que calcula as medidas para os sinais vitais. A equipe era formada por gerentes, desenvolvedores de software, *designers* industriais e uma especialista na área da saúde. Os desenvolvedores focaram na construção do sistema web, confecção do dispositivo IoT e sua integração ao sistema. A parte de design industrial teve como objetivo a modelagem e impressão do dispositivo e da pulseira por meio de manufatura assistida com impressora 3D. Por fim, a especialista na área da saúde, devido a sua experiência como enfermeira com atuação na linha de frente da pandemia de COVID-19, teve o papel de consultora do desenvolvimento, auxiliando no processo de elicitação de requisitos iniciais para o sistema, ajudando na calibração dos sensores do dispositivo e no design da pulseira, componente vestível do OxímetroIoT.

A participação de uma especialista em saúde na equipe de desenvolvimento, composta por seis profissionais da prática de software, não foi suficiente para tratar algumas incertezas sobre a solução proposta, tais como sobre: a) Tecnologia de coleta dos dados: compreender a confiabilidade das informações coletadas pelos sensores; b) Software de tratamento de dados: definir a estratégia de tratamento de dados e sua apresentação aos profissionais de saúde. O processo de tratamento gera incertezas, como por exemplo sobre a precisão da informação dos valores exibidos e adequabilidade do tempo de execução do software; e c) Dispositivo IoT: caracterizar o conforto necessário para o uso da solução vestível e a adequação na forma de exibir os dados no display integrado (estilo do texto e estrutura de informação).

Adicionalmente, ainda era preciso garantir que as informações apresentadas fossem úteis para os profissionais de saúde no contexto hospitalar. Essas incertezas nos motivaram a buscar alguma estratégia de avaliação com possíveis usuários antes de evoluir a proposta com novos requisitos conjecturados. Devido a disponibilidade de versão operacional do sistema de software e o estágio de desenvolvimento do produto ainda ter altas incertezas sobre os requisitos, identificamos a oportunidade de executar uma abordagem de TP como base para o planejamento e a execução do primeiro ciclo de aprendizado validado envolvendo possíveis usuários. Duas sessões de TP com profissionais da saúde foram executadas e são descritas neste artigo.

3. Abordagem de *Technology Probe*

Technology Probe (TP) é uma abordagem de co-criação de tecnologias com os usuários, em que um *Probe* representa um "instrumento usado para descobrir o desconhecido e, possivelmente, coletar dados úteis e interessantes" [Hutchinson et al. 2003]. O método exige a instalação do instrumento (o *probe*, produto tecnológico) em um contexto real, para que seja possível observar os usuários utilizando-o e, assim, coletar percepções e cenários de uso para seu aprimoramento. Em comparação com outros métodos de testes

e observação do usuário, TP tem como foco produtos em que as especificações e o contexto não são conhecidos ou são parcialmente conhecidos. Nestes casos, existe a necessidade de explorar o ambiente do usuário e coletar ideias para promover a evolução do produto que está sendo proposto.

Em uma sessão de avaliação com TP é necessário utilizar uma versão funcional e simples da solução tecnológica e que transmita a ideia geral do produto sendo desenvolvido. Diferente de um protótipo, os usuários devem ser capazes de interagir com o produto tecnológico de forma a explorar maneiras de utilização, gerando informações relacionadas às seguintes perspectivas [Hutchinson et al. 2003]: (1) social, que diz respeito à relação do usuário com o produto; (2) engenharia, relacionada à operação adequada do produto; e (3) design, relacionada com a identificação de oportunidades de inovação.

Uma abordagem de TP não indica procedimentos e nem instrumentos para a execução da avaliação de uma tecnologia, cabendo a quem planeja a sessão de avaliação com TP analisar os objetivos da avaliação, e assim definir os perfis dos participantes, os instrumentos, as atividades e o contexto da sessão de avaliação. Na seção a seguir serão apresentados casos em que uma abordagem de TP foi utilizada para executar sessões de avaliação do dispositivo IoT do Sistema OxímetroIoT por possíveis usuários, com descrição dos procedimentos e instrumentos utilizados.

4. Avaliando o *Probe* do OxímetroIoT

Para que um produto como o OxímetroIoT possa ser disponibilizado, é necessário executar diferentes tipos de avaliação. Um desses tipos envolve a submissão obrigatória do dispositivo aos protocolos da Anvisa [Anvisa 2024] e conformidade com a ISO 81001 (2021), objeto de outras avaliações e fora do escopo deste artigo, incluindo o registro na plataforma Brasil, necessário para qualquer produto para a saúde no Brasil.

Além da avaliação dos aspectos de qualidade em termos de seus requisitos funcionais e não-funcionais, analisar a experiência do usuário e a aceitabilidade da proposta aqui relatada é importante por se tratar de algo ideado para ser utilizado por pessoas em um ambiente de saúde. Porém, existem protocolos e etapas de experimentação que devem ser seguidos antes de se realizar avaliações envolvendo pacientes e monitoramento de seus sinais vitais. Assim, um desafio nesse contexto é a execução de avaliações em ambiente real o mais cedo possível para desenvolvê-lo com estratégia de aprendizado validado quanto às suas características e funcionalidades, até produzir uma versão considerada estável e madura o suficiente para ser avaliada seguindo os protocolos de tecnologia de saúde da Anvisa.

As subseções a seguir descrevem a abordagem aplicada para a execução da primeira avaliação com participação de possíveis usuários do OxímetroIoT.

4.1. Sessões de Avaliação de Usuário Baseadas em *Technology Probe*

No caso do OxímetroIoT, definimos dois tipos de usuários primários, os pacientes e os profissionais de saúde, que representam os usuários prospectados para usar o sistema de software diretamente e que podem avaliar aspectos como, por exemplo, a experiência de ser monitorado usando o OxímetroIoT, a manipulação do dispositivo, o impacto nas atividades dos profissionais que monitoram os sinais vitais ou que precisam obter valores

de sinais vitais monitorados, a confiança nos resultados, dentre outros aspectos inerentes ao ambiente hospitalar ou de enfermaria.

Dado que havia uma versão operacional do OxímetroIoT, uma possibilidade mais próxima do contexto real que poderíamos executar sem ferir os protocolos experimentais com pacientes humanos foi entrevistar profissionais de saúde com experiência em monitoramento de sinais vitais de pacientes em ambiente hospitalar e/ou enfermaria. Definimos como abordagem preferencial a execução de sessões de avaliação com TP em grupo, para permitir a troca de ideias e questionamentos entre os participantes e assim aumentar as chances de coletar mais percepções e ideias.

As sessões de avaliação foram organizadas para serem executadas em três etapas: (1) apresentação da proposta, (2) utilização do OxímetroIoT e (3) entrevista.

Durante a etapa 1, os participantes recebem informações sobre o objetivo geral da proposta - o que é, quais suas funcionalidades, quais são os usuários prospectados, para qual contexto de uso foi elaborado, quem são os responsáveis principais, qual sua etapa atual (protótipo funcional) e qual o escopo atual de avaliação. Espera-se assim obter alinhamento sobre as metas e limitações da proposta e da sessão de avaliação.

Para ajudar o participante a focar em um contexto de uso do produto tecnológico, foram estabelecidas Jornadas do Usuário, que são as principais etapas e atividades de interação do usuário com o produto. Para a sessão de avaliação com profissionais de saúde, definimos as seguintes Jornadas de Usuário: J1) Preparação do Equipamento para Monitoramento, J2) Colocação do Equipamento no Paciente, J3) Monitoramento Presencial do Paciente, J4) Monitoramento Remoto do Paciente, J5) Retirada do Equipamento do Paciente. Foram definidas atividades necessárias para a utilização do dispositivo por jornada, como por exemplo, Conexão do cabo da Pulseira com o Dispositivo para a jornada J1.

Na etapa 2, os participantes são estimulados a manipular o produto tecnológico (*probe*). Como a sessão de avaliação com TP não envolve a participação de pacientes, os profissionais de saúde podem assumir o papel de pacientes e experimentar o dispositivo. Durante essa etapa de uso, a perspectiva de engenharia da abordagem TP é a mais observada, porém, os participantes podem tirar dúvidas sobre o produto e comentar livremente suas ideias e sugestões, tendo um espaço para troca de percepções em que aspectos das perspectivas sociais e design também podem surgir.

A etapa final da sessão de avaliação com TP é a de entrevista (3), cujo objetivo é coletar dos participantes as suas percepções sobre o produto, expressas em termos de suas reações emocionais, para indicar aceitabilidade, de seus julgamentos qualificadores sobre as características do produto, e suas ideias e sugestões para evoluções da proposta. Logo, essa etapa foca nas perspectivas social e de design da abordagem de TP. Para esta etapa foi elaborado um instrumento em formato de documento com possibilidade de uso de forma impressa ou digital, já que não tínhamos garantia de disponibilidade de computadores e de Internet nos ambientes que conseguíssemos parceria com profissionais de saúde para executar as sessões de avaliação.

O instrumento de apoio à entrevista possui três perguntas principais a serem respondidas pelos participantes individualmente. A primeira pergunta é sobre a reação do participante, com as opções de respostas exibidas na Figura 2, adaptadas de [Asiegbu et

al. 2012]. Definimos que ao menos uma opção deve ser selecionada como resposta e não há restrições para o máximo de escolha de opções.



Figura 2. Reações dos Participantes. Adaptado de [Asiegbu et al. 2012]

A segunda pergunta é aberta e questiona o participante que adjetivos ele usaria para qualificar o produto e suas características. Assim como as reações emocionais, os adjetivos são utilizados para capturar algumas das percepções conforme a experiência do usuário. As reações emocionais e os adjetivos se complementam. Por exemplo, a coleta de reações emocionais positivas junto com adjetivos negativos pode indicar possível aceitação da proposta e seu potencial, porém grande expectativa pela evolução de suas características. Dentro da abordagem de ciclo de aprendizado validado, tem grande chance de indicar uma suposição a ser melhor investigada para apoiar tomada de decisão sobre a tecnologia proposta.

Por fim, o último item do instrumento também é aberto e pede ao participante que escreva observações adicionais, ideias e/ou sugestões. Apesar de ser uma etapa final, durante as entrevistas os participantes podem continuar a explorar o produto proposto, fazer perguntas e expressar suas opiniões.

A seguir, tem-se a descrição de execução das sessões de avaliação com TP em duas ocasiões, uma em um hospital universitário (HU) e outra, dois dias depois, em uma unidade de pronto atendimento (UPA) infantil. Nas duas experiências, os participantes dispuseram de tempo durante seus expedientes para colaborar nas sessões de avaliação.

4.1.1 Sessão de Avaliação com TP em um Hospital Universitário

Executamos uma sessão de avaliação baseada em TP em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) de um Hospital Universitário Federal (HU). Por motivo de segurança dos pacientes internados, realizamos a sessão em uma sala de atividades administrativas dentro da UTI, tendo a participação de quatro profissionais de saúde com mais de dez anos de atividade e com experiência em monitoramento de pacientes. Da equipe de desenvolvimento, constavam quatro pessoas, das quais duas no papel de facilitadoras da sessão e duas apoiando os participantes na manipulação dos dispositivos. Três oxímetros estavam disponíveis para avaliação, havendo apenas diferença na largura da pulseira de um deles.

A etapa de apresentação do produto ocorreu como planejado, porém no local disponibilizado não havia sinal de Internet e nem de rede celular. Dado que o uso do componente Dashboard (vide Figura 1) precisa de conexão a internet, as etapas de uso do

OxímetroIoT e de entrevistas foram ajustadas, sendo apresentadas imagens exemplificando o funcionamento do Dashboard.

A sessão de avaliação com TP durou cerca de 50 minutos e todos os participantes tiveram a oportunidade de manipular os oxímetros. Durante a etapa de uso dos dispositivos, um deles apresentou falha no funcionamento, um ficou sendo usado por um único participante durante toda a etapa e o outro foi manipulado por outros três participantes. Um dos participantes preferiu observar os outros utilizando os dispositivos alegando já conhecer bastante sobre as possibilidades de sistemas IoT. Durante a etapa de entrevista, um OxímetroIoT foi usado por um membro do time da proposta, sendo observado pelos profissionais de saúde, e o outro dispositivo continuou sendo utilizado pelo mesmo participante que o estava utilizando na etapa de uso, somando para ele mais de 30 minutos de utilização. Conforme planejado, os participantes puderam trocar ideias e tirar dúvidas livremente durante a entrevista, porém preencheram suas respostas individualmente em formulário impresso.

4.1.2 Sessão de Avaliação com TP em uma Unidade de Pronto Atendimento

A execução da sessão de avaliação com TP em uma UPA especializada no público infantil ocorreu dois dias depois da experiência anterior. Uma característica do contexto da UPA é que o número de pacientes sendo atendidos é geralmente maior, e o fluxo de pessoas chegando em busca de atendimento muda ao longo das 24 horas do dia. Com isso, a sessão de avaliação foi executada à noite, quando o risco dos participantes precisarem desistir da avaliação para atender pacientes é menor do que durante o dia. A etapa de entrevista também foi ajustada para que as respostas considerassem todas as etapas e atividades das Jornadas do Usuário em conjunto, ou seja, cada participante respondeu ao instrumento uma única vez.

A sessão de avaliação ocorreu em uma sala de reunião com participação de cinco profissionais de saúde e três membros da equipe de desenvolvimento, sendo um facilitador e dois desenvolvedores para apoiar os participantes. Dois oxímetros estavam disponíveis para a sessão na UPA, visto que o dispositivo que apresentou falha de funcionamento na sessão de avaliação no HU não pôde ser reparado a tempo.

A etapa de apresentação ocorreu como planejado, porém, assim como na experiência anterior, surpreendentemente não havia Internet disponível e a rede celular era instável. Durante a etapa de uso dos oxímetros, inicialmente sentimos resistência dos participantes em os utilizar pelo motivo das cadeiras na sala de reunião estarem localizadas distantes das tomadas de energia e o tamanho dos cabos de alimentação dos oxímetros não ser suficiente para alcançar os participantes, que naquele momento do dia estavam cansados e preferiam não se levantar.

Apesar da resistência de ir até o local dos dispositivos ligados, os participantes estavam curiosos, fazendo perguntas e discutindo ideias entre si. A etapa então foi ajustada: colocamos um dos oxímetros em um dos membros do time de desenvolvimento e o outro dispositivo foi desligado e entregue para os participantes manipularem, o que estimulou ainda mais discussões. Algumas dúvidas eram direcionadas para o membro da equipe que estava usando o OxímetroIoT, como por exemplo sobre os valores exibidos no visor, sua frequência de atualização, entre outros.

Assim como na experiência anterior, na etapa de entrevista os participantes puderam conversar sobre suas ideias, observações e dúvidas, respondendo ao questionário individualmente. No total, a sessão durou cerca de 30 minutos.

4.2 Resultados

A Figura 3 apresenta quantos participantes distintos escolheram uma dada imagem para expressar sua reação emocional (cada participante poderia escolher mais de uma figura para representar sua reação), assim como apresenta o quantitativo de respostas obtidas dos participantes nas sessões de avaliação. Para facilitar a análise, os adjetivos utilizados para qualificar a proposta foram classificados nas categorias Ponto Negativo e Ponto Positivo. Os participantes do HU reportaram suas respostas após a discussão de cada Jornada de Usuário, enquanto que os participantes da UPA reportaram em um único momento e após todas as jornadas serem discutidas. Somado ao tempo de 20 minutos a mais de duração na avaliação, isso pode ter contribuído com o maior número de respostas pelos participantes do HU, fato a ser observado em futuras avaliações.

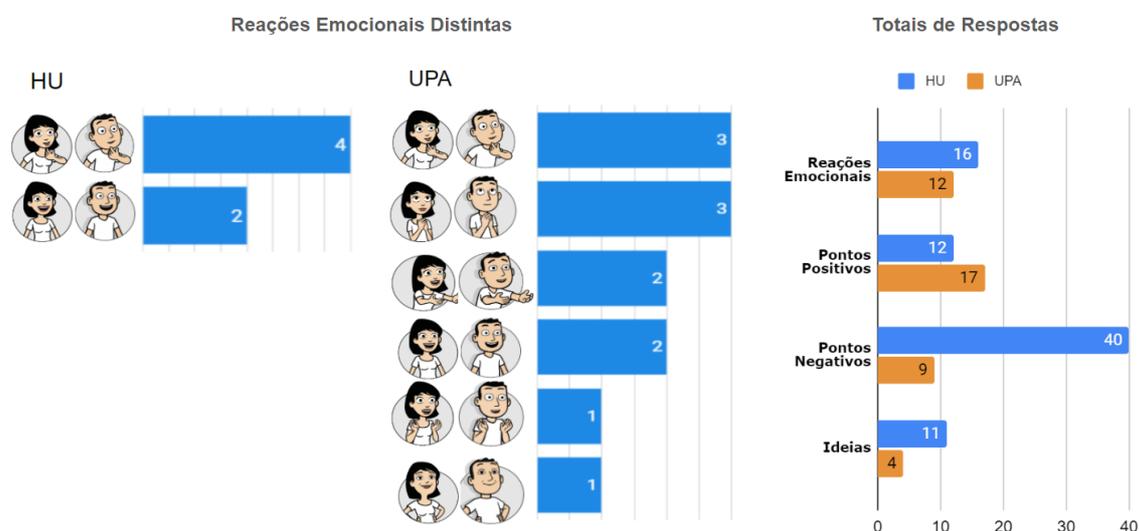


Figura 3. Resultados: Reações Emocionais distintas e Totais de Respostas

A subseções a seguir apresentam a discussão sobre os resultados, primeiro para as reações emocionais e subsequentemente os pontos positivos/negativos e as ideias.

4.2.1 Análise das Reações Emocionais

Durante as sessões de avaliação com TP não foram observadas reações de rejeição ao produto, o que foi refletido nas respostas preenchidas no questionário.

No caso do HU, apesar dos participantes terem reportado suas reações emocionais dezesseis vezes (Figura 3), na maioria das respostas os participantes usaram as mesmas expressões de curiosidade ou de recepção positiva à proposta. Uma suposição resultante da análise é que o resultado está relacionado ao que observamos durante a sessão de avaliação: os participante expressaram preocupação e dúvidas em relação ao método de aferição dos sinais vitais e aos procedimentos de manipulação e limpeza do dispositivo, porém reportaram terem expectativas de evolução desses pontos nas próximas versões do dispositivo.

Por sua vez, os participantes da UPA demonstraram empolgação com a possibilidade de uma solução como a apresentada ser implantada no contexto do Sistema Único de Saúde. Suas preocupações focaram na usabilidade e na necessidade de aumentar ou criar solução sem o cabo de alimentação de energia para que possa ser usado nas enfermarias sem atrapalhar o fluxo das pessoas no local e permitindo mobilidade ao paciente, como detalha a próxima seção.

Tanto no caso do HU quanto na UPA, as reações de curiosidade foram as mais reportadas. Um maior número de expressões positivas foi indicado pelos participantes da UPA, conforme pode ser observado na Figura 3.

4.2.2 Análise das ideias e sugestões

Com base nas respostas coletadas, foi possível elaborar uma análise acerca das ideias, demandas e problematizações relatadas pelos participantes das sessões de avaliação. O processo iniciou pela extração das respostas documentadas, com os trechos descritos nas palavras dos próprios participantes, gerando um conjunto amplo de descrições e opiniões pessoais sobre a utilização do produto avaliado. Tais trechos de opiniões foram divididos em duas modalidades, o primeiro, nomeado como “*Pain Points*”, descreve as problematizações identificadas pelos participantes, o que de alguma forma lhes causou desconforto no uso do OxímetroIoT. Na segunda modalidade, foram analisados os trechos identificados como “Oportunidades”, já que mencionam estratégias que podem ser adotadas como funcionalidades novas ou melhorias para o produto. Os trechos da modalidade “*Pain Points*” tiveram uma quantidade significativamente maior, e por se tratar de pontos de melhoria receberam uma atenção redobrada.

A partir dos trechos descritos foi possível abstrair e sumarizar alguns pontos importantes como por exemplo a característica, o componente do OxímetroIoT e a categoria funcional a qual se refere. As características referem-se às funções ou finalidades mencionadas pelos participantes como pontos de melhoria. Os componentes do OxímetroIoT descrevem a qual parte do produto está direcionado o argumento, seja sobre a pulseira (parte vestível), o oxímetro (com display integrado) ou os cabos de alimentação de energia e de conexão da pulseira com o dispositivo. A categoria funcional surgiu da necessidade de especificar a qual parte tecnológica o referido argumento é direcionado, seja ele para hardware, software ou manufatura, sendo a manufatura ligada aos processos de fabricação, montagem e produção dos componentes.

Com os dados sumarizados e mantendo o rastro de cada item para o trecho da resposta do participante, pudemos analisar temas e pontos em comum e assim inferir com base nas respostas quais os pontos mais críticos da proposta devem ser reavaliados, fornecendo insumos para a evolução e melhoria da qualidade dos componentes do OxímetroIoT. No total, foram coletadas 50 transcrições de respostas classificadas na modalidade *Pain Points* (vide Figura 4), sendo 56% relacionadas com a manufatura do OxímetroIoT, 24% com o software e 20% com o hardware. Destacamos inicialmente os *Pain Points* de software, pois mesmo que a porcentagem apresentada não represente o valor de maior destaque, as observações descritas pelos participantes impactam diretamente nas funcionalidades disponibilizadas pelo OxímetroIoT.



Figura 4. Pain Points

Nos temas de *Pain Points* relacionados ao software, o mais citado foi a necessidade de haver internet disponível para que a proposta possa funcionar por completo, com a informação podendo ser visualizada tanto no display do dispositivo quanto no Dashboard do sistema. Nos dois contextos das sessões de avaliação com TP, a falta de internet e rede celular no ambiente de trabalho é uma realidade comum segundo os profissionais de saúde participantes e inesperada pelos membros do time de desenvolvimento tendo em vista o tipo de ambiente sendo considerado.

Para as categorias de Manufatura e de Hardware, obtivemos observações que apoiam as melhorias necessárias a nível da qualidade do produto físico palpável. Para Manufatura, os dois pontos que se destacaram foram sobre a higienização e a resistência do material utilizado. Ambos derivam da complexidade identificada pelos participantes sobre o tipo de material utilizado na construção dos encapsuladores do OxímetroIoT, pois mesmo garantindo um baixo custo, certas condições se fazem necessárias acerca dos materiais utilizados, dado o contexto hospitalar em que estará inserido. Assim, grande parte das observações persistiram com esse cuidado extra na durabilidade do material e facilidade de higienização e sobre as condições de acomodação da parte vestível nos pacientes.

Para os *Pain Points* classificados na categoria de Hardware, o maior destaque foi a dependência do dispositivo em ficar ligado diretamente na tomada de energia elétrica, limitando parte da mobilidade do usuário. As observações feitas pelos usuários nesta modalidade incluíram a necessidade de inclusão de baterias no OxímetroIoT, de forma que ele possa se manter ativo ainda que distante de tomadas de alimentação de energia. Esse foi um dos grandes empecilhos de hardware observados, o que permitiu que mesmo associado aos *Pain Points* do projeto, tal característica fosse adotada como ponto de Oportunidade, que se adotadas nas futuras evoluções do produto podem agregar um enorme valor, pois trata diretamente de uma necessidade advinda dos próprios possíveis usuários no contexto de uso real.

Os *Pain Points* extraídos a partir das respostas dos usuários permitiram identificar os elementos-chave a serem melhorados no sistema, pois representam as necessidades, desejos e expectativas dos usuários, bem como as funcionalidades críticas para o sucesso do sistema. Ao usá-las para a geração, confirmação, priorização ou mesmo refinamento

dos requisitos, buscamos assegurar um sistema desenvolvido como foco em atender às reais demandas do público-alvo, principalmente no que tange aos profissionais de saúde.

Parte das oportunidades identificadas nas observações dos facilitadores das sessões e nos relatos dos usuários mantiveram consistência com as limitações do projeto e, se adotados, tendem a aprimorar o uso e a qualidade do produto final a ser entregue ao usuário. Dentre essas oportunidades podemos mencionar: a utilização de bateria no dispositivo, como já destacado; a possibilidade de aferição dos dados do paciente em outras partes do corpo, o que exigiria uma reestruturação do encapsulador dos sensores da pulseira; sinais de alarme avisando sobre possíveis inconsistências nos valores das medições ou mesmo no desacoplamento do dispositivo à tomada; e também na disponibilização de um modelo de controle visual por aplicativo, facilitando o acesso ao monitoramento remoto dos pacientes.

5. Lições Aprendidas nas Sessões de Avaliação com TP

Por ser um produto idealizado, cujos requisitos foram elaborados e experimentados pelos próprios proponentes e pelo time de desenvolvimento, definir e priorizar características do sistema é um desafio, dada a gama de possibilidades, a falta de vivência nos contextos de uso da proposta e necessidade de capturar as perspectivas dos possíveis usuários. A aplicação da estratégia de TP permitiu uma maior compreensão do contexto de uso do OxímetroIoT e forneceu percepções sobre como este produto poderá ser integrado ao cotidiano dos profissionais de saúde e, eventualmente, pacientes. Essa compreensão é essencial para projetar uma experiência que retorne dados e informações relevantes para possíveis evoluções nos componentes do sistema. A imersão no contexto de uso do produto avaliado e a interação direta com os usuários pode inspirar no surgimento de novas ideias e oportunidades de inovação dentro do contexto explorado, que não seriam perceptíveis facilmente apenas por meio de pesquisas mais tradicionais.

Outro ponto positivo na utilização das sessões de avaliação com TP está na confirmação de requisitos conjecturais e não triviais, percebendo funcionalidades que não foram consideradas inicialmente mas que devem ser melhor discutidas, já que se baseiam em atribuições definidas por possíveis usuários. Podemos observar tal cenário nas modalidades definidas de *Pain Points* e oportunidades identificadas nas percepções coletadas das transcrições dos resultados coletados.

As percepções obtidas dos participantes do estudo, que são parte dos usuários prospectados do OxímetroIoT, ajudaram a ter uma percepção de quais características mais chamaram atenção e quais eles sentiram falta na versão atual da proposta. Por conta do uso das atribuições de *Pain Points* na abordagem de TP, em conjunto com a análise de suas reações emocionais, passa a ser viável atribuir uma estimativa mais aproximada de aceitação e adoção do produto pelos usuários.

Vale ressaltar a contribuição dessa abordagem para a descoberta de desafios e dificuldades que os usuários podem enfrentar ao utilizar o produto, informações que são valiosas para o aperfeiçoamento da proposta e minimização dos possíveis obstáculos à adoção do produto final. Apesar de não ter sido possível realizar testes com os pacientes, obter a percepção de profissionais de saúde permitiu adquirir conhecimento antes mesmo de chegar na etapa de realização de experimentos clínicos nos ambientes de saúde. Este conhecimento é de grande valia para a fase atual do projeto, pois apoia a evolução

continua do produto reduzindo as incertezas no ambiente em que seu desenvolvimento está inserido.

Já no tocante aos observadores e facilitadores da sessão, é vista a oportunidade de elaborar instrumentos que apoiem o registro das observações e fatos relevantes que emergem durante uma sessão de avaliação com TP. Nas sessões apresentadas as anotações realizadas não puderam seguir o direcionamento previsto tendo em vista os eventos inesperados de indisponibilidade de internet, por exemplo, dificultando o processo de análise dos dados qualitativos. Ao mesmo tempo, tal evento provocou a evolução de estrutura do sistema de software, acrescentando o requisito não funcional relacionado ao encapsulamento do componente Broker e a configuração de intranet específica para atender a comunicação dos dispositivos IoT com o Dashboard.

6. Considerações Finais, Limitações e Próximos Passos

Este trabalho teve como objetivo relatar a experiência do uso de sessões de avaliação com TP para avaliar um dispositivo componente de um sistema de software IoT tendo em vista o cenário de incerteza do desenvolvimento da solução. Para tal, foram agendadas duas sessões para avaliação do OxímetroIoT e, a partir delas, coletados dados qualitativos acerca da percepção dos participantes sobre o produto. Com essas informações foi possível compreender pontos de melhoria e captar novas funcionalidades, ambos são aspectos que impactam na qualidade da solução proposta.

Vale ressaltar as limitações e dificuldades acerca da experiência apresentada. A questão da disponibilidade dos participantes para a avaliação foi um fator que pode ter afetado as sessões de avaliação com TP, como o caso da UPA que precisou ser durante um plantão noturno dos profissionais. Ainda sobre o momento das sessões, em ambos os casos ocorreram problemas de conexão com a internet, o que não permitiu a exibição do *Dashboard* de monitoramento remoto, afetando parte do planejamento inicial. Adicionalmente, foi observada a relevância de garantir um ambiente com tomadas de alimentação de energia em locais próximos ao uso do OxímetroIoT para garantir que tenha um produto disponível para os participantes, como relatado no caso da UPA era necessário que os indivíduos se deslocassem para usar o dispositivo, novamente, podendo afetar a experiência da sessão. Estes eventos contribuíram para evolução do produto, que passou a incluir requisitos não funcionais referentes a configuração de intranet e o uso alternativo de baterias externas (*power banks*) para alimentar os dispositivos no caso de indisponibilidade de pontos de energia.

Outro ponto de limitação se dá pelo público-alvo. Como é um produto voltado para área da saúde não é possível colocar imediatamente o produto em situação de uso real e direto com os pacientes, situação ideal para uma sessão de avaliação com TP. Por conta disso, foram projetadas as Jornadas do Usuário, de forma a imergir os participantes no contexto de uso do OxímetroIoT.

Apesar da versão do OxímetroIoT estar totalmente operacional, devido às incertezas sobre requisitos não-funcionais do produto, não tivemos a ambição de aprofundar com avaliação de campo das suas funcionalidades, o que é a perspectiva de engenharia da abordagem de TP. Nenhuma falha comportamental ocorrida durante as avaliações era desconhecida pelo time de desenvolvimento. Entretanto, nos surpreendeu a falha de hardware em um dos oxímetros, provocada pelo rompimento de uma conexão interna do display provavelmente por vibração durante o transporte do dispositivo. Essa

falha contribuiu para modificar o processo de encapsulamento do hardware e identificar material mais robusto para realizar as conexões internas. Mesmo assim, consideramos uma limitação do trabalho a ausência de instrumentos e/ou procedimentos focados na perspectiva de engenharia da abordagem TP, o que pode ser elaborado para os próximos ciclos de aprendizado validado do OxímetroIoT.

É importante ressaltar que, apesar da experiência ser adaptada e um contexto real de uso não ter sido totalmente possível, as sessões de avaliação com TP ocorreram em dois cenários em que percebemos terem requisitos de qualidade diferentes, o que será posteriormente avaliado como possível fator para evoluir a delimitação de contexto para a proposta do OxímetroIoT. Enquanto no cenário do HU os *Pain Points* citados foram mais sobre aspectos como a acurácia de aferição, a existência de alarmes e a garantia de persistência dos dados históricos, no cenário da UPA os *Pain Points* mais citados foram sobre o conforto e segurança do usuário e apoio à mobilidade.

Para que a proposta do OxímetroIoT evolua para um produto mais robusto os próximos passos deverão contemplar a ideação de soluções, seleção e priorização de novos requisitos para o sistema de software IoT; a priorização destes requisitos, e a construção de uma nova versão do OxímetroIoT. Com isso, será possível realizar novas avaliações com o produto, para então, preparar os protocolos para observar o uso experimental do OxímetroIoT nos complexos hospitalares com pacientes reais.

Por fim, este trabalho buscou contribuir com a comunidade de engenharia de software uma vez que apresenta uma experiência de avaliação de um sistema contemporâneo de software em um ambiente de inovação e incerteza baseado em *Technology Probe*. Por auxiliar em obter as percepções de usuários reais frente ao produto avaliado, esta abordagem pode ser escolhida, especialmente, em cenários que envolvem inovação, incerteza, requisitos conjecturados e necessidade de observação da experiência de usuário. Estes fatores implicam na elicitação de requisitos, por exemplo, e a partir do uso da TP é viável obter a percepção de possíveis usuários e ideias que podem ser analisadas, filtradas, selecionadas e aceitas como requisitos.

Agradecimentos

Agradecemos aos participantes das sessões de avaliação por sua contribuição para o aprimoramento do OxímetroIoT. Ao Complexo Hospitalar da UFRJ que proporciona um ambiente de trabalho tecnologicamente inovador. Esta pesquisa tem apoio das agências de fomento CAPES, CNPq (305701/2022-3) e Faperj (E-26/201.170/2021).

Referências

- Motta, R. C., de Oliveira, K. M. e Travassos, G. H. (2018). On challenges in engineering IoT software Systems. *CBSOFT/SBES'18*, pages 42-51.
- Kelly, J., Campbell, K., Gong, E., e Scuffham, P. (2020). The internet of things: Impact and implications for health care delivery. *Journal of Medical Internet Research*, 22(11):e20135.
- Al-Atawi, A., Khan, F., Kim, C. (2022). Application and Challenges of IoT Healthcare System in COVID-19. *Sensors*, 22(7304).

- Hutchinson, H., Mackay, W., Westerlund, B., Bederson, B., Druin, A., Plaisant, C., Beaudouin-Lafon, M., Conversy, S., Evans, H., Hansen H., Roussel, N., e Eiderbäck, B. (2003). Technology probes: inspiring design for and with families. *SIGCHI 2003*.
- ISO 81001. 2021. Health software and health IT systems safety, effectiveness and security.
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Crown Business. eISBN: 978-0-307-88791-7.
- Cole, R. E. (2002). From continuous improvement to continuous innovation, *Total Quality Management*, 13:(8), 1051-1056.
- Blanck, S. (2013). "Why the lean start-up changes everything". *Harvard Business Review*, vol. 91, no. 5, pp. 63-72.
- Holmström Olsson, H. E Bosch, J. (2016). From requirements to continuous re-prioritization of hypotheses. *CSED '16*.
- Lindgren, E. e Münch, J. (2015). Software Development as an Experiment System: A Qualitative Survey on the State of the Practice. *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming*, volume 212. Springer, Cham.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/legislacao/bibliotecas-tematicas/arquivos/produtos>. Acesso em 04-01-2024.
- Asiegbu, I. F., Daubry, P. e Iruka C. H. (2012). Consumer Attitude: Some Reflections on Its Concept, Trilogy, Relationship with Consumer Behavior, and Marketing Implications, *European Journal of Business and Management*, 4(13):38-50.