

APLICAÇÃO DE TESTE DE USABILIDADE E AVALIAÇÃO HEURÍSTICA EM APARELHO MEDIDOR DE PRESSÃO DIGITAL DE PULSO

APPLYING USABILITY TESTS AND HEURISTIC EVALUATION TO A WRIST DIGITAL BLOOD PRESSURE METER

Vinícius Chagas Martins^{*,**} E-mail: vchagasmartins@gmail.com
Mariana Bernardes^{*,**} E-mail: mariana.19bernardes@unifei.edu.br
Renata Aparecida Ribeiro Custódio^{**} E-mail: renatacustodio@unifei.edu.br
Carlos Henrique Pereira Mello^{*,**} E-mail: carlos.mello@unifei.edu.br

^{*}Instituto de Engenharia de Produção e Gestão (IEPG), Itajubá, MG

^{**}Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG

Resumo: Os equipamentos médicos oferecidos no mercado atual visam ser seguros, práticos e eficientes, e os setores de inovação das indústrias investem em novas tecnologias a fim de atrair mais clientes através da entrega de qualidade e confiabilidade. Porém, nem sempre se atentam a detalhes que são somente perceptíveis aos olhos do usuário. A engenharia de fatores humanos busca adequar os sistemas às necessidades e limitações do homem, considerando sua percepção na concepção de produtos e sistemas. Neste contexto, o presente trabalho objetivou a aplicação de Testes de Usabilidade associado à Análise Heurística a partir de informações de usuários de um aparelho automático digital de medir pressão arterial, a fim de validar sua segurança e praticidade, bem como, propor melhorias ao produto e informações para o manual de instruções, enfatizando a importância da percepção do usuário em relação a seu uso. O resultado das análises pôs em evidência que o produto viola algumas heurísticas de usabilidade, como feedback informativo, mensagens de erros, prevenção de erros e ajuda e documentação, bem como, apresenta alguns obstáculos na execução de determinadas funções pelo usuário, em que foram propostas melhorias.

Palavras-chave: Teste de Usabilidade. Análise Heurística. Engenharia de Fatores Humanos. Medidor de pressão.

Abstract: Nowadays, medical equipment available are intended to be safe, practical and efficient, and industries innovation sectors invest in new technologies in order to attract more customers through the delivery of quality and reliability. However, some details are only visible to the user's eyes. Human Factors Engineering pursuits the systems adaptation to humans needs and limitations, considering their cognition to products and systems design. In this context, this study applies Usability Tests combined with Heuristic Analysis to a Wrist Digital Blood Pressure Meter in order to validate its safety and feasibility, and also to propose improvements to the product and its instructions manual, emphasizing the importance of users understanding regarding the product's use. As a result, the product violates some usability heuristics, such as feedback, error message, error prevention and help and documentation, as well as it presents some obstacles in the execution of certain user tasks, in which this research suggests improvements.

Keywords: Usability Tests. Heurist Evaluation. Human Factors Engineering. Blood Pressure Meter.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços na tecnologia, além do desenvolvimento de novos equipamentos, facilitam ou até mesmo substituem funções exercidas pelo homem em todas as áreas de conhecimento. Entre essas, a área da saúde vem buscando sempre avanços em conceitos, métodos, testes e tratamentos na busca da melhoria na qualidade de vida da população. Nesse contexto, cada vez mais surgem equipamentos complexos que evoluem em busca de facilitar e garantir maior segurança e praticidade aos usuários. Porém, nem sempre essa evolução preza as necessidades e dificuldades do usuário devido à falta de estudos de sua percepção diante da relação com o dispositivo ou sistema e consequentes erros de procedimentos. Quando há uma abordagem de sistema, as organizações conseguem tratar melhor essas causas, visto que o foco dos indivíduos deixa de ser falhas pontuais e se torna a composição de um sistema robusto para lidar com falhas operacionais e humanas. Dessa forma, é essencial envolver o usuário no desenvolvimento desses produtos e/ou sistemas (REASON, 2000).

Os sistemas médicos, assim como todo sistema complexo operado pelo ser humano, estão sujeitos a falhas. Um sistema de saúde possui várias características que propiciam a ocorrência de riscos e falhas, incluindo, além da complexidade impostas pelas tecnologias já existentes, o crescimento acelerado no número expressivo de novas tecnologias que vem se agregando no cuidado do paciente (ZHANG et al., 2002).

A segurança do paciente ganhou relevância a partir da divulgação do relatório do Institute of Medicine *To Err is Human* no início do século atual (Kohn, Corrigan & Donaldson, 1999), que aborda a necessidade de mudanças drásticas nos sistemas e equipamentos médicos, enfatizando que para melhorá-los, é necessário entender os erros, e não simplesmente considerá-los como imprudência por parte do usuário, ou seja, é necessário identificar e remover caminhos nos sistemas que levem a erros ou a atos inseguros. A publicação permitiu uma nova percepção do problema, bem como esforços para a prevenção de erros, envolvendo disciplinas como psicologia, engenharia e saúde ocupacional. Contudo, ainda assim, há muito a ser estudado e reestruturado (DONALDSON, 2008).

Nesse quesito, a Engenharia de Fatores Humanos (EFH) objetiva categorizar interações entre pessoas e sistemas, ou seja, ferramentas e tecnologias, organização, ambiente e tarefas, e em seguida, identificar onde essa relação pode ser melhorada (RIVERA & KARSH, 2008). A ciência que estuda a relação interativa de sistemas com o homem faz-se, portanto, extremamente necessária no que diz respeito aos equipamentos médicos. A área de cuidados na saúde tem buscado cada vez mais melhorias através da EFH, em que o envolvimento do usuário no desenvolvimento dos produtos e sistemas é crucial para se compreender suas dificuldades e expectativas, a fim de melhorar sua relação com os equipamentos e garantir melhor qualidade e redução de erros em seu uso (ZHANG et al., 2002).

A EFH avalia sistemas de informação em saúde através de alguns métodos, visando envolver os usuários no desenvolvimento de novos equipamentos médicos, ou ainda, avaliar os dispositivos que já estão no mercado a partir do ponto de vista do usuário, a fim de sanar erros e propor seu melhor uso, ou seja, garantir sua usabilidade. Realizar testes de usabilidade é uma importante solução para identificar exigências detalhadas dos usuários com relação às características de determinados produtos. Os testes de usabilidade aliados à análise heurística têm aberto novas oportunidades de melhoria em aspectos que antes não estavam visíveis aos olhos dos fabricantes. Tais análises podem identificar diferentes tipos de usuários, como eles interagem com determinada tecnologia e como ela interage no sistema como um todo. Por exemplo, como um aparelho satisfaz as tarefas executadas, o quão bem os usuários entendem seu funcionamento, entre outros enfoques em relação a sua utilização (GARMER et al., 2002).

Além desses aspectos, ressalta-se a importância da garantia de qualidade e segurança dos equipamentos médicos destinados a leigos, isto é, a usuários que não são profissionais de saúde, em que os erros causados por seu uso podem não ser perceptíveis, e resultar em sérios danos à saúde.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da avaliação de um produto de uso médico, sob o ponto de vista do usuário doméstico, aplicando métodos de EFH através da análise heurística e do resultado de testes de usabilidade. O produto avaliado é um aparelho automático digital para medir a pressão arterial, normalmente utilizado por usuários hipertensos e comercializado livremente no mercado. Concomitante ao aparelho, foi avaliado o respectivo manual

de instruções para tratar aspectos falhos do produto, evidenciando oportunidades de melhorias no que tange sua qualidade, aceitação e segurança ao usuário.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Engenharia de Fatores Humanos

A Engenharia de Fatores Humanos (EFH), também conhecida como Engenharia de Usabilidade, surgiu no setor aeronáutico, logo após a Segunda Guerra mundial, com o intuito de reduzir a complexidade das cabines de controle dos pilotos das aeronaves e, conseqüentemente, os acidentes relacionados a elas, a partir do ponto de vista do usuário, resultando em melhorias significativas. A partir de então, passou a ser aplicada em outros setores industriais críticos, em que falhas humanas representariam risco de vida (CASSANO-PICHÉ et al., 2015). Tendo desenvolvido ferramentas de análises e soluções em diversos sistemas, desde aeronaves a usinas nucleares, promovendo segurança e soluções em projetos para organizações complexas de alto risco, suas técnicas também tem o potencial de contribuir para a área médica (GAWRON et al., 2006).

A EFH é o conjunto de ciências que estuda a relação do ser humano com os elementos dos sistemas que o cercam. Ao invés de esperar que o homem adapte-se a uma inovação, a EFH busca desenvolver aparelhos, softwares e sistemas capazes de atender às suas limitações, capacidades e necessidades. A fim de tornar os sistemas mais seguros, intuitivos, práticos e robustos, estuda dados e métodos provenientes das interações existentes entre o ser humano e os sistemas que são determinantes na sua dinâmica, visando-se garantir a realização das tarefas de maneira segura e efetiva. A EFH busca entender as circunstâncias que tornam o sistema inseguro ou ineficiente, que muitas vezes passam despercebidas por quem exerce atividades cotidianas (ZHANG et al., 2002). É aplicada para adaptar os elementos às capacidades e restrições do homem, com foco no desenvolvimento de tecnologias, processos e ambientes que se adéquem a seus atributos físicos e cognitivos, revelando a perspectiva que o usuário tem do elemento do sistema que utiliza, a fim de otimizar o desempenho do sistema e elevar o bem-estar humano (CASSANO-PICHÉ et al., 2015).

Em relação aos equipamentos médicos, a análise completa feita pela EFH é composta por quatro grandes etapas: as análises do usuário, funcional, das tarefas e representacional. A análise do usuário garante que o elemento ou sistema seja desenvolvido por meio de conhecimento direcionado e informações estruturadas de encontro às suas exigências, determinando características de usuários reais e potenciais, como conhecimento prévio, habilidades, personalidade, tempo para aprender sobre o sistema, frequência de uso, entre outras. A análise funcional se encarrega de identificar as estruturas críticas e os objetivos. A análise das tarefas identifica as funções do sistema que precisam ser executadas, informações a serem processadas, todo o procedimento necessário para atingir os objetivos determinados, e deve garantir somente as atividades necessárias na implementação do sistema. A fase final, a análise representacional, garante que a interação entre o usuário e o aparelho ou sistema seja direta e transparente, através da identificação da interface ideal para a execução de determinada atividade. A combinação da aplicação dessas quatro etapas ao produto mostra toda a extensão dos quesitos relacionados à sua usabilidade e são essenciais ao entendimento das implicações de segurança do usuário (ZHANG et al., 2003).

2.2 Usabilidade

A usabilidade é definida pela Norma ISO 9241-11 (ISO, 1998) como a extensão que um usuário específico pode utilizar determinado produto a fim de atingir seus objetivos com eficácia, eficiência e satisfação. A usabilidade envolve diversos atributos, não sendo, portanto, uma propriedade singular da interface do usuário, devendo-se fazer o estudo de todas as características envolvidas no processo para se obter bons resultados, visto que para cada sistema há diferentes usuários, elementos, métodos, objetivos requeridos, funções, entre outros (SILVA, 2008).

Para definir a usabilidade, Nielsen (1993) considera a análise de um sistema que é socialmente aceitável. Para analisá-lo, são colocados em pauta quesitos como custo, compatibilidade com outros sistemas similares existentes, confiabilidade, utilidade e usabilidade. Utilidade é a capacidade do sistema realizar funcionalmente o que é necessário. Já a usabilidade é a maneira como os usuários farão o uso

funcional do sistema, podendo ser aplicada a qualquer área em que o homem atue. Em outras palavras, a usabilidade pode ser definida como a capacidade de um sistema de satisfazer as necessidades do usuário através do alcance da funcionalidade de todos os aspectos com os quais possa interagir (LILJEGREN, 2006). Nielsen (1993) ainda separa o conceito de usabilidade em cinco atributos. O primeiro se refere à facilidade de aprendizado, em que o usuário utiliza o sistema já tendo resultados; a eficiência, considerando um alto nível de produtividade; a facilidade de memorização, no caso de um usuário casual; a minimização de erros, desde a baixa taxa de erros à fácil recuperação de um erro; e à satisfação, em que o sistema deve ser agradável.

Na área médica, a Norma ABNT NBR IEC 62366 (ABNT, 2010) é um padrão que especifica os requisitos da usabilidade na criação de qualquer dispositivo médico. Com a aplicação dos processos de EFH, os fabricantes começam a focar mais na intuição, segurança e fácil aprendizado na utilização dos seus produtos pelos usuários. Através de métodos de avaliação de usabilidade, que revelam as percepções do usuário diante do produto, o dispositivo adquire características que irão atender melhor às expectativas dos usuários e, conseqüentemente, os erros serão minimizados.

2.3 Avaliação Heurística

A Avaliação Heurística é um método de análise de usabilidade capaz de identificar problemas entre a interface de um equipamento ou sistema e seu usuário. Essa análise melhora a usabilidade através da observação da interação entre ambos. Com base em heurísticas bem definidas, que nada mais são que princípios da usabilidade, a análise heurística é definida como um método comum de inspeção de usabilidade, com o objetivo de encontrar problemas de utilização de determinado sistema ou elemento em sua concepção (NIELSEN & MOLICH, 1990).

Tendo desenvolvido a técnica de análise heurística, Nielsen (1993) criou 10 principais heurísticas que foram base para estudos posteriores, que tratam de regras gerais sob as quais o design de interface para o usuário é avaliado. Posteriormente, Shneiderman (1998) partiu desse ponto para desenvolver oito regras de ouro que deveriam ser seguidas por todas as boas interfaces de usuários. Especificamente

voltadas para o design de equipamentos médicos, Zhang *et al.* (2003) uniu esses dois estudos e desenvolveu as 14 Heurísticas de Zhang, listadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – 14 Heurísticas de Zhang

1	Consistência e padrões	O usuário não pode ter dúvida se as mesmas ações, palavras, símbolos ou situações têm significado diferente.
2	Visibilidade	O usuário deve ser sempre informado sobre o estado de funcionamento atual do equipamento, sobre o que pode ser feito no estado atual, que mudanças podem ser feitas, onde o usuário pode ir.
3	Correspondência	Correspondência entre o sistema e a percepção de mundo do usuário: o sistema deve ser a linguagem do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares no dia a dia do usuário.
4	Minimalista	Informações extras desnecessárias são uma distração. Níveis progressivos de detalhes.
5	Memória	Minimizar a quantidade de informação que o usuário deve memorizar para ser capaz de utilizar o equipamento. Mostrar exemplos concretos.
6	Feedback	O usuário deve receber feedback imediato e claro (ao invés de interpretativo) sobre suas ações.
7	Flexibilidade	Se possível, deve ser dada a possibilidade do usuário criar customização e atalhos para otimizar o uso do equipamento.
8	Mensagem	Mensagens de erro devem ser informativas: o usuário deve ter real noção de onde errou e/ou do que fazer para mitigar o erro. Evitar mensagens genéricas, com códigos para consultas externas, ou "mal educadas".
9	Prevenção de erros	O aparelho deve ter interface capaz de prevenir erros.
10	Conclusão de tarefa	Deve ficar claro para o usuário a finalização de uma tarefa: sequências de ações devem ser organizadas em grupos com começo, meio e fim.
11	Ações reversíveis	Usuários devem ser capazes de se recuperar de seus erros, através de ações reversíveis.
12	Linguagem do usuário	A linguagem utilizada deve ser clara para o usuário: deve-se usar termos correspondentes ao nível de domínio técnico esperado pelos usuários e de sua perspectiva.
13	Usuário no controle	O usuário não deve ter a impressão de que o equipamento está controlando suas ações: ele deve ser iniciador das ações, não simplesmente reagir às ações propostas pelo equipamento.
14	Ajuda e documentação	O equipamento deve sempre oferecer ajuda quando necessário: ajuda presente em documentos suporte.

Fonte: Adaptado de Zhang et al. (2003)

Para uma análise mais precisa, é recomendável que avaliadores façam análises individuais levando em consideração as 14 heurísticas explanadas no Quadro 1. As listas de todos os avaliadores devem então ser compiladas numa lista final, que conterà todas as oportunidades e riscos do sistema identificados pelo grupo. Nielsen (1995) e Zhang et al. (2003) concordam que um avaliador individualmente só conseguirá captar 35% dos problemas de usabilidade, enquanto de três a cinco avaliadores serão capazes de captar de 60 a 75%, mesmo que esses avaliadores não tenham treinamento prévio em usabilidade.

A análise heurística é um método eficiente de avaliar a usabilidade de um sistema, sendo comumente escolhido pelos avaliadores pelo fato de ser um método

simples, de custo razoável e fácil utilização. Apesar de ser uma ferramenta um pouco limitada, essa análise deveria ser aplicada pelos fabricantes de equipamentos médicos, visto que grande parte dos problemas que geralmente são apontados após a análise é relacionada à interface dos produtos (ZHANG et al., 2003).

2.4 Teste de Usabilidade

O Teste de Usabilidade, objeto de estudo de Garmer et al. (2002), é um método de EFH para avaliar como as pessoas interagem com a interface de equipamentos ao realizar suas funções cotidianas, detectando possibilidades que estão ocultas ou passam despercebidas no dia a dia. As observações feitas por esses testes devem ser um complemento às demais fontes de informação, para que se possa ter um trabalho rico de informações. Para realização do teste, é criado um ambiente de simulação semelhante ao ambiente real, uma vez que o método só será efetivo se o usuário sentir-se em seu ambiente natural (CASSANO-PICHÉ et al., 2015). Tais testes tem foco na identificação de problemas de usabilidade associados com a interface do usuário, que realiza tarefas específicas interagindo com essa interface. Ainda segundo os autores, observações e protocolos verbais são importantes ferramentas na identificação dos problemas e suas causas durante os testes, e entrevistas complementares e questionários podem ser usados para coletar as ideias de melhoria dos usuários (GARMER; YLVÉN; KARLSSON, 2004).

Durante os testes, usuários reais são requisitados a realizar determinadas tarefas representativas, são observados e filmados (tarefa opcional) por um time de avaliadores, enquanto descrevem seus atos “pensando alto” e apontando suas expectativas e dificuldades a cada tarefa (KUSHNIRUK & PATEL, 2004). O objetivo do Teste de Usabilidade é medir o desempenho de um dispositivo em termos de tempo de realização de tarefas, facilidade de uso e quantidade de erros, podendo ser realizado tanto em um laboratório de usabilidade equipado ou em campo, e envolvendo um protótipo totalmente funcional ou não (MARTIN et al., 2008).

O envolvimento de usuários reais em um ambiente de simulação permite, de forma eficaz e segura, uma obtenção detalhada de dados e informações relevantes. Dessa forma, o fabricante pode minimizar a possibilidade dos erros ocorrerem

através de seus processos e tecnologias antes que o produto seja usado em pacientes (CASSANO-PICHÉ et al., 2015).

3 MÉTODO

3.1 Objeto de estudo

O equipamento médico a ser estudado, mostrado pela Figura 1, é um aparelho medidor de pressão arterial digital G-Tech modelo BP3MOA automático de pulso, o qual possui um dispositivo que utiliza um sensor de pressão eletrônico para converter pequenas alterações de pressão na braçadeira em sinais elétricos que, então, são convertidos nas pressões sanguínea diastólica, sistólica e pulsação, método chamado de oscilométrico, além de medir a frequência cardíaca por minuto. Esse produto, que está de acordo com a Portaria INMETRO nº 0172 de 21 de setembro de 2012, pode ser utilizado por qualquer pessoa, sendo disponibilizado em farmácias. Acompanha um manual de instruções e uma braçadeira, é alimentado à pilha e tem como intuito facilitar o controle da pressão arterial através do uso doméstico (ACCUMED-GLICOMED, 2015).

Figura 1 - Aparelho automático digital para medir pressão arterial que foi utilizado no estudo



Fonte: Accumed-Glicomed (2015)

De acordo com o fabricante, o aparelho possui memória para 30 resultados com demonstração de data e hora da realização da medição e é capaz de detectar

ocorrência de diversos subtipos de arritmia cardíaca durante a aferição da pressão arterial, ou seja, irregularidades durante a medição que podem afetar o resultado obtido pelo usuário, devido à tecnologia SDAG (Detecção de Arritmia na Pulsação). Utiliza também o sistema *Smart Inflate* que permite medições simultâneas enquanto a braçadeira infla automaticamente, pressionando o pulso para detecção da pressão sanguínea, diminuindo, assim, o tempo de medição (ACCUMED-GLICOMED, 2015).

3.2 Procedimento Metodológico Aplicado

Para análise da usabilidade do Aparelho Medidor de Pressão Arterial Digital (AMPAD), foram utilizados os métodos de Avaliação Heurística e Teste de Usabilidade. Tais análises foram realizadas no Laboratório de Usabilidade e Fatores Humanos (LUFH) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

A Avaliação Heurística foi realizada por cerca de 20 avaliadores vinculados à UNIFEI que, acompanhados por um especialista, receberam treinamento básico em quesitos de usabilidade. Esses fatores, de acordo com Nielsen (1993) e Zhang et al. (2003), são suficientes para identificar praticamente todos os problemas de usabilidade. Os avaliadores examinaram a interface e avaliaram sua conformidade com os princípios de usabilidade reconhecidos, ou as heurísticas pré-definidas, neste caso, as 14 Heurísticas de Zhang, apresentadas anteriormente neste trabalho, com base em uma lista pré-determinada de tarefas possíveis e necessárias para o uso do aparelho em condições normais.

Embora o uso da Avaliação Heurística identifique muitos problemas de usabilidade, é possível que problemas importantes fiquem despercebidos sem a aplicação dos testes com usuários. Dessa forma, seguiu-se o estudo através da avaliação complementar dos problemas de usabilidade encontrados, por meio da realização do Teste de Usabilidade (LILHOLT; JENSEN; HEJLESEN, 2015). Os testes, que são uma simulação de uma situação real, foram preparados com base na sistemática proposta por Cassano-Piché et al. (2015).

3.2.1 Estruturação dos testes

Os testes seguiram as 11 etapas propostas por Cassano-Piché et al. (2015):

1) Identificação de tarefas: observação do produto a ser estudado, funções, objetivo do estudo e todas as tarefas necessárias para realização do estudo.

- As atividades, listadas na Tabela 1, foram divididas em obrigatórias e adicionais, que foram assim chamadas por não necessariamente ocorrer durante o manuseio do produto.

Tabela 1 – Tarefas referentes ao Teste de Usabilidade que foi aplicado.

Tarefas obrigatórias		Tarefas adicionais
1. Retirar produto da embalagem;	7. Excluir todos os valores registrados;	
2. Inserir pilha;	8. Verificar se as medições foram excluídas;	12. Identificar erros
3. Ajustar data e horário do aparelho;	9. Alterar data novamente;	13. Identificar sinais emitidos;
4. Realizar medições;	10. Desligar aparelho;	14. Utilizar manual;
5. Interromper medições;	11. Guardar aparelho.	15. Verificar nível da bateria
6. Visualizar medições na memória;		

- A Análise Heurística foi utilizada para definição das atividades a serem desenvolvidas pelo usuário durante o experimento, para que ele obtenha sucesso no manuseio do aparelho, bem como para detectar possíveis falhas e oportunidades de melhoria a serem estudadas durante os testes.

- 2) Cenário: determinado para cumprir as funções do teste, simulado no LUFH.
- 3) Roteiro: interação do usuário com o aparelho, sem interferências externas, ou seja, não havia atores ou situações adversas que poderiam acontecer inesperadamente por fatores independentes do usuário ou do aparelho. Simulou-se a situação em que os usuários utilizariam o AMPAD pela primeira vez.
- 4) Introdução ao participante: documentos introdutórios, termo de consentimento, boas-vindas, agradecimento pela disponibilidade e esclarecimentos, bem como a apresentação dos condutores do teste, objetivo do estudo, explicação do procedimento, sigilo no que diz respeito à identidade do participante, ausência de remuneração pela participação no teste, ausência de avaliação da conduta profissional do participante, entre outros.
- 5) Treinamento: não foi necessária a criação de um treinamento prévio para realização dos testes, pois o AMPAD é um aparelho de uso doméstico e, em situações reais, não é oferecido treinamento ao usuário que o adquire.
- 6) Questionários: questionário de pré-simulação para levantar pontos referentes

ao contato prévio do usuário com o aparelho, conhecimento básico de aferição de pressão e frequência do controle de pressão; e questionário de pós-simulação com foco na satisfação do usuário para cada função do aparelho, incluindo também campos para anotação de pontos positivos, negativos e possíveis melhorias, com o intuito de coletar o maior número de informações referentes à percepção do usuário que passassem despercebidas durante os testes.

- 7) Ferramentas de documentação dos dados: foi inserida no ambiente de teste uma filmadora digital para gravar todo o período de simulação. Para facilitar também a captação de informações relevantes, as atividades obrigatórias e adicionais foram estratificadas em subatividades e disponibilizadas em um documento usado durante o teste para que os observadores pudessem analisar a realização das tarefas pelo usuário com maior precisão.
- 8) Preparação do espaço do teste: o local disponibilizado para a realização dos testes foi o LUFH da UNIFEI, preparado alguns dias antes dos testes oficiais para realização de um ensaio piloto.
- 9) Customização da tecnologia: não foi necessário customizar a tecnologia para o grupo de voluntários, pois o aparelho possui a mesma interface para qualquer tipo de usuário.
- 10) Teste piloto: realizado três dias antes dos experimentos oficiais, permitiu levantar oportunidades no desempenho da execução do teste, tais como posição da câmera, formas de abordagem, maneiras de detectar a percepção do usuário com relação ao aparelho, tempo aproximado de duração do teste, adequações finais dos formulários, etc.
- 11) Recrutamento dos participantes: por se tratar de um aparelho disponível a qualquer indivíduo, não há restrição de usuários. Então, foram recrutados, dentro da própria Universidade, um grupo de cinco voluntários, com idades entre 20 e 40 anos, compondo um time de estudantes de graduação, pós-graduação e um professor.

a. Execução dos testes

A partir do momento que o usuário era encaminhado para a sala de testes no

LUFH, a filmadora era ativada, e o mesmo iniciava o manuseio no AMPAD, seguindo uma lista de tarefas propostas. Era solicitado ao usuário que “pensasse alto”, ou seja, apontando suas expectativas e dificuldades a cada tarefa, enquanto observados, através da filmagem simultânea e de uma parede de vidro pelos avaliadores, entre eles o pesquisador responsável pelo estudo e um especialista em Fatores Humanos e Usabilidade da UNIFEI, que mantinham a imparcialidade na comunicação com o usuário. Os avaliadores realizaram cinco simulações com usuários distintos. Os testes foram considerados de baixa fidelidade pois, o usuário, apesar de representar o usuário real, realizou suas atividades em um ambiente simulado, na presença dos observadores, o que pode ter interferido em suas operações.

Os testes permitiram não somente identificar pontos positivos e negativos no manuseio do equipamento médico, mas também melhorias no manual de instruções, o qual deve ser didático para diferentes tipos de usuários. Após sua realização, os dados foram compilados e relatados de forma direta, constando medidas de mudança para uma melhor adequação do produto às necessidades e limitações do usuário.

4 RESULTADOS

A apresentação dos resultados foi criada tendo como referência a NBR ISO/IEC 25062:2011 (ABNT, 2011).

4.1 Heurísticas violadas

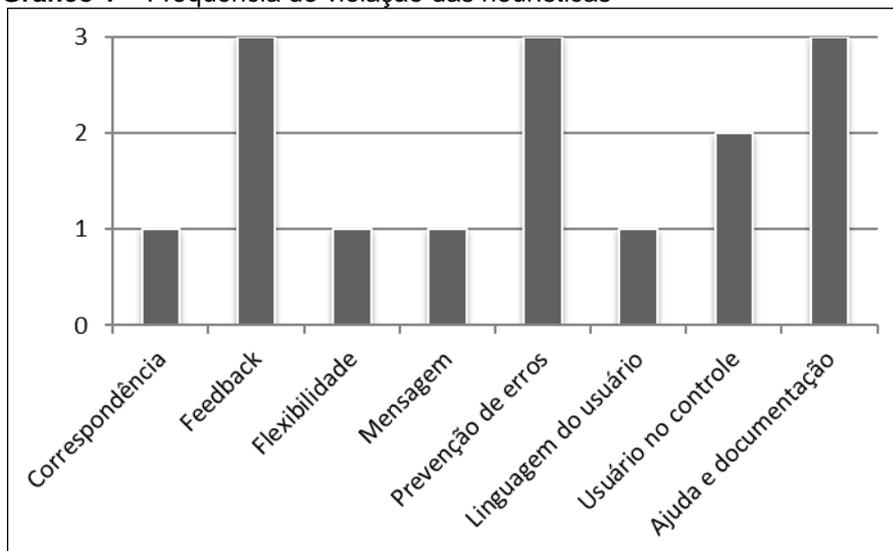
Esta análise gerou uma lista de heurísticas violadas pelo produto, com base nas 14 Heurísticas de Zhang descritas anteriormente neste trabalho. A Tabela 2 exemplifica algumas das heurísticas violadas. Ao todo, o grupo de avaliadores concluiu que o AMPAD viola 15 heurísticas, em que as principais violações referem-se a *feedback* informativo, mensagem de erro, prevenção de erros e ajuda e documentação.

Tabela 2 – Principais heurísticas violadas que foram identificadas

Tarefa	Sub-tarefa	Heurística violada	Comentários
Realizar medições	Colocar braçadeira ao redor do pulso	Prevenção de erros	O aparelho não detecta o erro (pulseira mal posicionada) antes de realizar a medição. A medição é feita independentemente do posicionamento.
		Ajuda e documentação	Na braçadeira há uma indicação da posição do aparelho no pulso, porém essa é pequena, simplista e passa despercebida pelo usuário.
	Esperar bip ecoar	Feedback	O usuário não é informado se a medição está sendo realizada.
Desligar aparelho	Identificar valores	Feedback	O aparelho não pergunta se o usuário gostaria de realizar a medição. Ao ligar o aparelho, ele já começa a aferir a pressão.
	Pressionar botão ON/OFF	Feedback	Não há uma mensagem clara dizendo que o aparelho será desligado.
Guardar aparelho	Inserir aparelho dentro do recipiente	Ajuda e documentação	Não há no manual explicação clara de como desligar o aparelho
		Prevenção de erros	Não existe uma posição ideal ou indicada para o usuário guardar o aparelho de forma correta
Identificar erro	Inserir aparelho dentro da caixa	Prevenção de erros	Não existe uma posição ideal ou indicada para o usuário guardar o aparelho de forma correta
		Ajuda e documentação	A explicação para alguns erros no manual não é clara.

Em seguida, o Gráfico 1 mostra relação das heurísticas violadas com o número de vezes que cada violação ocorreu.

Gráfico 1 – Frequência de violação das heurísticas



4.2 Características dos participantes dos Testes de Usabilidade

Logo após a definição das heurísticas violadas, deu-se sequência ao Teste de Usabilidade. Para conhecer melhor o grupo de estudo dos testes, utilizou-se pré-questionários, que abordam os itens da Tabela 3. Na sequência, a Tabela 4 apresenta o modo de aprendizado que cada usuário prefere ao se deparar com uma nova tecnologia.

Tabela 3 – Características dos participantes

CARACTERÍSTICAS	PARTICIPANTES				
	T1	T2	T3	T4	T5
Gênero	Masculino	Feminino	Feminino	Masculino	Feminino
Idade	20 a 24	20 a 24	25 a 34	25 a 34	20 a 24
Ocupação	Graduando	Graduando	Mestrando	Professor	Graduando
Frequência de controle da pressão	Raramente	Trimestralmente	Mensalmente	Raramente	Raramente
Possui medidor de pressão	Não	Analógico	Não	Não	Analógico e digital (braço)
Experiência com medidor de pressão	Não	Sim (analógico)	Não	Não	Não
Conhecimento da pressão ideal	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Uso de nova tecnologia	À vontade	Nem um pouco à vontade	Razoavelmente à vontade	À vontade	À vontade

O grupo é composto por três mulheres e dois homens, com idades entre 20 e 34 anos. Concluiu-se que nenhum dos usuários possuía experiência prévia com o medidor digital, de forma que nenhum deles trouxe experiências anteriores ou hábitos referentes ao aparelho que pudessem interferir na interação de ambos. A maioria dos participantes raramente faz o controle de sua pressão arterial e apenas três deles tem conhecimento da pressão arterial ideal, o que, junto à ausência de contato com o aparelho, trouxe bastante imparcialidade ao estudo. Em relação ao uso de uma nova tecnologia, apenas um deles apresenta-se desconfortável.

Tabela 4 – Preferência no modo de aprendizado

PARTICIPANTES	PREFERÊNCIA NO MODO DE APRENDIZADO	CATEGORIA
T1	Assistindo a um vídeo de demonstração prática, participando de um treinamento, praticando no próprio equipamento com monitoração do instrutor, praticando com algum colega que tenha experiência consolidada no equipamento.	Prático
T2	Assistindo a um vídeo de demonstração prática, participando de um treinamento, praticando no próprio equipamento com monitoração do instrutor, praticando com algum colega que tenha experiência consolidada no equipamento.	Prático
T3	Lendo o manual do equipamento.	Leitura
T4	Lendo o manual do equipamento.	Leitura
T5	Praticando com algum colega que tenha experiência consolidada no equipamento.	Prático

Grande parte dos participantes prefere aprender uma nova tecnologia praticando no próprio equipamento ou assistindo alguém a fazê-lo, como um vídeo explicativo. Apenas dois participantes preferem aprender através da leitura do manual de instruções, o que mostra a possibilidade do fornecimento, por parte do fabricante, de uma alternativa ao manual para que o produto tenha uma opção mais didática de aprendizado de seu manuseio.

4.3 Oportunidades de melhorias identificadas pelos Testes de Usabilidade

A partir da realização dos Testes de Usabilidade foram identificadas diversas oportunidades de melhoria no aparelho em estudo pela percepção dos usuários, entre algumas urgentes. As oportunidades foram, então, separadas em mudanças prioritárias, importantes e de acabamento, de acordo com o impacto que apresentam na execução das atividades. As oportunidades de mudanças prioritárias são aquelas que precisam ser realizadas de imediato para que o desempenho do aparelho seja elevado consideravelmente. As oportunidades importantes são modificações que vão ajudar no manuseio do equipamento, aumentando sua eficiência. E, por último, as oportunidades de acabamento são aquelas que não são necessárias para aumentar a eficiência ou eficácia, mas para agradar ao usuário, em que também são incluídas oportunidades cujas soluções ou procedimentos são facilmente percebidos e resolvidos pelo próprio usuário no decorrer da interação com o aparelho.

Ao todo, a partir da realização das tarefas obrigatórias e adicionais dos testes, listadas na Tabela 1, no item 4.2.1, foi possível identificar 38 possibilidades de

melhoria no aparelho, dentre as quais nove são prioritárias, 13 são consideradas importantes e 16 são consideradas como acabamento.

A maioria dos usuários identificou oportunidades de melhoria a partir de problemas como a dificuldade em desligar o aparelho, no ajuste da data e horário ao inserir as pilhas, na identificação dos valores exibidos após a medição e no posicionamento da braçadeira. As oportunidades de melhoria prioritárias referem-se, principalmente, às funções de funcionamento técnico do aparelho, como o fechamento do compartimento das pilhas, que abriu durante o funcionamento; à realização das medições em si, como o modo de colocar a braçadeira e a exibição dos valores; e ao desligamento do aparelho.

A fim de aumentar a eficácia do aparelho, portanto, foram propostas melhorias, descritas nas Tabelas 5, 6 e 7, separadas pelas prioridades de execução. Destaca-se que tais sugestões não se relacionam com a viabilidade técnica de sua resolução.

Tabela 5 – Melhorias prioritárias

OPORTUNIDADES PRIORITÁRIAS	MELHORIA PROPOSTA
Pilhas saíram do compartimento durante manuseio do aparelho	Inserção de uma trava que impeça a abertura da tampa durante manuseio
A colocação da braçadeira não é implícita	Aprimorar instruções no manual referente à posição da braçadeira
Três medições do mesmo usuário apresentaram erro devido ao mau posicionamento do aparelho	Destacar aviso da braçadeira de como colocá-la, aumentando sua dimensão, colocando rápida instrução e deslocando-o para a ponta da braçadeira
Nenhum usuário olhou para a explicação na braçadeira de como colocar o aparelho no pulso	Criar sistemática para não iniciar medição caso a braçadeira não esteja colocada no braço
Pressão mostrada de forma diferente da que o usuário está acostumado	Converter valores para os que são comumente utilizados no Brasil (de 120x80 para 12x8)
Os valores exibidos após a medição não são implícitos	Destacar explicação no manual
O desligamento do aparelho não é implícito (usuário não soube fazê-lo)	Inserir opção no próprio aparelho de visualizar a tabela de pressão ideal
Usuário não soube quando o aparelho estava desligado por continuar a mostrar a hora	Incluir no manual procedimento para desligar o aparelho
Ao retirar e colocar novamente a pilha, o ano piscou e usuário supôs que aparelho estava ligado	Exibir mensagem "Desligando aparelho" ao pressionar botão ON/OFF
	Exibir mensagem "Ligando aparelho" quando aparelho evidentemente estiver ligado

Nota-se, entre as falhas que oferecem oportunidades de melhorias prioritárias, que algumas acusam o valor incorreto da pressão arterial ou não facilmente interpretável pelo usuário, o que pode gerar riscos a sua saúde.

Tabela 6 – Melhorias importantes

OPORTUNIDADES IMPORTANTES	MELHORIA PROPOSTA
Desenho dos polos da pilha pouco visível Mais de uma tentativa para colocar pilhas Número piscando desaparece após algum tempo É possível ligar o aparelho e iniciar medição sem estar com o medidor no pulso Usuário canhoto teve que trocar o aparelho de pulso devido à posição dos botões Não é possível voltar valores ao passar pelo desejado. É necessário avançar todos os valores para chegar novamente no valor procurado O botão é pressionado diversas vezes e braçadeira não infla Além do horário, aparece data para identificação das medições quando se aciona a memória do dispositivo	Inserir desenho dos polos na lateral do aparelho próximo à tampa Ano permanecer piscando até que algum comando seja acionado Separar botão “Liga/Desliga” do botão de “Iniciar Medição”, criando um novo botão Posicionar botões na parte inferior ao invés de na lateral do aparelho Utilizar a separação dos botões “Liga/Desliga” e “Iniciar Medição” sugerida anteriormente para adequar a função “Voltar” a um deles sem necessidade de criar um novo botão para voltar valores Colocar no manual aviso de que os botões devem ser apertados com firmeza Exibir data e horário ao mesmo tempo ao invés de intercalá-los
Excluir valores não é uma função intuitiva. Todos precisaram olhar o manual.	Destinar ação de excluir ao botão de hora quando estiver visualizando a memória. Colocar mensagem "Tem certeza que deseja excluir os valores?" para evitar falhas. Incluir desenho de uma lixeira abaixo do botão
Não é possível excluir um único valor	Adicionar possibilidade de excluir um único valor
As pilhas tiveram que ser removidas para que o ano começasse a piscar novamente Não consta no manual como desligar	Ano piscando até que algum comando seja acionado Incluir no manual procedimento para desligar o aparelho
Linguagem diferente da do país em questão (em inglês)	Utilizar língua portuguesa

Tabela 7 – Melhorias de acabamento

OPORTUNIDADES DE ACABAMENTO	MELHORIA PROPOSTA
Caixa com pedaço rasgado	Utilizar material mais resistente para a caixa
Dúvida se é o valor do ano piscando ou o horário (2014 ou 20:14)	Escrever "Ano" ao lado do número, assim como acontece com dia, mês e horário
Valores obtidos na medição desaparecem após um minuto (aparelho desliga)	Manter números visíveis por 3 minutos
Confusão do valor da pulsação com quantidade de medições (M 85)	Na mesma tela informar pulsação e número cronológico da medição após "M"
Apareceu a letra "A". Usuário não sabe o que significa	Retirar o valor "A" da interface
Botão de alterar data não cumpre a função esperada (nada aconteceu)	Colocar um título no manual para a alteração de data sem retirada das pilhas, destacando-o
Aparelho armazenado no recipiente na posição errada	Colocar instruções no manual e indicações no recipiente de como o aparelho deve ser armazenado
Tampa do recipiente não fecha facilmente	
Tampa do recipiente aparentava estar aberta	
A correção dos erros apontados não foi possível pelo usuário	Tornar explicação dos erros mais completa no aparelho e no manual, indicando prováveis soluções para a falha
Usuário não notou os símbolos na tela	Símbolos piscando para destacá-los
Usuário não soube o que todos os símbolos significam	Colocar símbolos intuitivos ou trocá-los por palavras-chave
Manual desorganizado	Colocar no mesmo local os itens semelhantes
	Inserir números das páginas no sumário
Página da figura não está ao lado da página com as legendas correspondentes	Colocar figuras e legendas lado a lado no manual
Símbolos e legendas em locais diferentes no manual	Colocar todos os símbolos no mesmo local
Usuário não se sente confortável em utilizar o manual	Criar alternativa mais prática, como vídeo internet de como utilizar o aparelho

4.4 Satisfação do usuário

Também se fez interessante analisar o sentimento do usuário com relação aos pontos levantados por ele, visto que, ao mesmo tempo que determinada característica parece desagradá-lo durante o manuseio do equipamento, não evidentemente é significativa para ele.

Para melhor entender o sentimento do usuário, foi aplicado, após os Testes, um pós-questionário baseado na escala *Likert*, com cinco níveis de satisfação, conforme a NBR ISO/IEC 25062:2011 (ABNT, 2011).

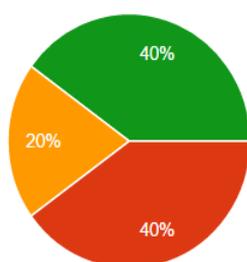
De acordo com os resultados, em geral, os usuários sentiram que o AMPAD contempla suas necessidades para um aparelho medidor de pressão. Também destacou-se a satisfação do usuário com relação à visualização das informações através do aparelho, tempo destinado à aferição da pressão, presença de alarmes sonoros, capacidade de memorização da realização de uma medição, facilidade em colocar pilhas, em retirar aparelho da caixa e visualizar e excluir a memória. Além

disso, também foram mencionados como pontos positivos o design, a dimensão e o peso do aparelho, o tamanho dos números no visor, o tempo de garantia e a praticidade.

Esta avaliação apresentou, no entanto, divergência em alguns aspectos apontados pelos usuários. A Figura 2 exemplifica a divergência sobre a facilidade de uso do mesmo.

Figura 2 - Resultado da aplicação da Escala *Likert* quanto a facilidade de uso do aparelho

De forma geral, o aparelho é fácil de usar



Discordo totalmente	0	0%
Discordo	2	40%
Nem discordo, nem concordo	1	20%
Concordo	2	40%
Concordo totalmente	0	0%

Além desse aspecto, outros fatores apresentaram divergências de opinião, confirmando as oportunidades de melhoria levantadas na seção anterior. Dentre elas, destacam-se a confiança em utilizar o aparelho, navegação no menu, entendimento da linguagem utilizada, programação de parâmetros como data e horário, organização do manual, armazenamento do produto e noção de cumprimento das tarefas. Demonstrando a insatisfação do usuário, destacou-se o fato do AMPAD não ser considerado intuitivo por 80% dos usuários.

4.5 Eficácia e Eficiência

Ainda, complementando-se os pós-questionários, fez-se uma análise da eficácia e da eficiência encontrada pelos usuários no uso do AMPAD.

Segundo a NBR ISO/IEC 25062:2011 (ABNT, 2011), eficácia pode ser entendida como a capacidade dos objetivos de utilização do produto serem alcançados por completo. Para o cálculo da eficiência, foram destinados os valores 1 para atividades realizadas e 0 para atividades não realizadas. Dessa forma, dividiu-se a quantidade de atividades realizadas pelo número de atividades obrigatórias (11 atividades).

A eficácia média no uso do AMPAD foi de 87,27%, ou seja, a cada 10 tarefas, aproximadamente nove são realizadas satisfatoriamente. Porém, o desvio padrão é elevado, representando 15,21%, o que indica que há oportunidades de melhoria na eficácia.

A eficiência pode ser definida como o nível de recursos utilizados para atingir os objetivos (ABNT, 2011). Neste caso, a eficiência foi medida através do tempo utilizado, em minutos, para realizar as tarefas. O tempo efetivo de execução é o tempo que o usuário realmente utilizou para a execução das tarefas; o tempo de auxílio é o tempo em que o usuário fez uso do manual para aprender a realizar as tarefas requisitadas; o tempo total representa toda a duração da simulação. A eficiência sem auxílio é a relação entre o tempo efetivo e o tempo total; já a eficiência com auxílio é a relação entre o tempo efetivo somado ao tempo de auxílio dividido pelo tempo total. Essas informações estão apresentadas de maneira simplificada nas Equações [1] e [2]. Os resultados são mostrados pela Tabela 8.

$$\text{Eficiência (sem auxílio)} = \frac{\text{Tempo efetivo de execução}}{\text{Tempo total}} \quad [1]$$

$$\text{Eficiência (com auxílio)} = \frac{\text{Tempo efetivo de execução} + \text{Tempo de auxílio}}{\text{Tempo total}} \quad [2]$$

Tabela 8 – Resultado da análise da eficiência do uso do aparelho em decorrência do tempo de uso (hh:mm:ss)

PARTICIPANTES	TEMPO EFETIVO DE EXECUÇÃO	TEMPO DE AUXÍLIO	TEMPO TOTAL	EFICIÊNCIA (SEM AUXÍLIO)	EFICIÊNCIA (COM AUXÍLIO)
T1	00:04:48	00:08:17	00:29:54	16,05%	43,76%
T2	00:13:10	00:09:49	00:32:40	40,31%	70,36%
T3	00:15:09	00:10:17	00:28:45	52,70%	88,46%
T4	00:14:10	00:07:53	00:23:02	61,51%	95,73%
T5	00:10:33	00:17:59	00:42:46	24,67%	66,72%
MÉDIA	00:11:34	00:10:51	00:31:25	39,05%	73,01%
DESVIO PADRÃO	00:04:09	00:04:07	00:07:15	18,89%	20,36%

De maneira geral, a eficiência média do aparelho, sem o auxílio do manual de instruções, foi de 39%, isto é, para se realizar uma tarefa satisfatoriamente, cerca de 6 a cada 10 minutos foram desperdiçados. Já em relação ao auxílio do manual, seu tempo de leitura contribui para o aumento da eficiência, que sobe para 73%. Contudo, em ambos os casos os desvios padrão, ou as variações das médias, foram

próximos de 20%, evidenciando que há oportunidades para o aumento dessa eficiência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a EFH, buscando a aplicação dos princípios da usabilidade aos produtos com os quais o ser humano interage, deve ser substancialmente abordada no desenvolvimento de equipamentos médicos, uma vez que as impressões dos próprios usuários, sejam pacientes ou profissionais de saúde, podem garantir que o produto proteja sua saúde, resultando na redução de falhas durante o uso e, conseqüentemente, no número de lesões e até mortes.

Muitos desenvolvedores nessa área destinam foco ao aprimoramento da tecnologia, e não se atentam em como o usuário final, irá figurar essa tecnologia e todos seus aspectos. De modo geral, como abordam Vincent e Blandford (2015), Niès e Pelayo (2010) e Martikainen, Korpela, e Tiihonen (2014), há uma certa dificuldade em integrar interesses dos desenvolvedores, médicos e usuários por haver divergência entre seus valores e prioridades. Esta pesquisa corrobora tal constatação, uma vez que enumerou diversas oportunidades de melhoria no produto em questão, a partir do ponto de vista do usuário.

O AMPAD, um aparelho médico de uso doméstico, é destinado a leigos, ou seja, os usuários finais não são profissionais de saúde. Dessa forma, suas características e funcionamento devem ser claros, simples e objetivos no que tange informar o usuário sobre o controle de sua pressão arterial, visto que os resultados encontrados por ele podem interferir diretamente em sua saúde, podendo causar-lhe conseqüências negativas.

Através dos resultados desse trabalho, em concordância com os autores supracitados, as contribuições de se realizar a integração entre desenvolvedores, médicos e usuários são de suma importância ao conteúdo de todas as partes envolvidas e, principalmente, as necessidades e limitações do usuário, assim como seu bem estar. As modificações aqui sugeridas são relativamente simples mas, sob o ponto de vista do usuário, contribuirão para o aumento significativo de sua segurança, eficiência, eficácia, satisfação e prevenção de erros, aumentando, dessa forma, sua confiabilidade. Conquanto este estudo considere que as conclusões e

melhorias propostas sejam abrangentes a um grande número de usuários, é importante ressaltar que o estudo limita-se em relação ao público alvo, que foi restrito a uma classe de usuários representativos, dentro de uma determinada faixa etária e com certo conhecimento tecnológico, o que pode enviesar os resultados.

Apesar de comprovada a importância e os benefícios da aplicação da usabilidade no sentido de salvaguardar a saúde dos usuários, ainda não há um modelo consolidado para sua aplicação no processo de desenvolvimento de produtos médicos. No entanto, fica clara sua importância, e enfatiza-se a relevância da continuidade de estudos relativos ao tema, para que o conceito de usabilidade seja incorporado definitivamente ao desenvolvimento de equipamentos médicos, principalmente no Brasil.

Finalmente, sobre o aparelho de pressão arterial avaliado, conclui-se que o mesmo viola 15 heurísticas, das quais se destacam: *feedback* informativo, mensagem de erro, prevenção de erros e ajuda e documentação. O teste de usabilidade identificou 38 possibilidades de melhoria no aparelho, sendo: nove prioritárias, 13 importantes e 16 de acabamento. Em relação à satisfação dos usuários que participaram da presente pesquisa, o aparelho não foi considerado intuitivo por 80% deles. A eficácia média no uso do aparelho foi de 87,27%, mas com um desvio padrão elevado de 15,21%. A eficiência média do aparelho, sem o auxílio do manual de instruções, foi de 39%; já com auxílio do manual, a eficiência sobe para 73% (em ambos os casos os desvios padrão foram próximos de 20%). Isso mostra que existem muitas oportunidades de melhoria no projeto do equipamento, com ênfase na sistemática de engenharia de fatores humanos e usabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio recebido pelo Ministério da Saúde; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo 401082/2014-8); e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

REFERÊNCIAS

- ACCUMED-GLICOMED. Aparelho de Pressão Digital de Pulso G-TECH HOME BP3MOA. Disponível em: <<http://www.glicomed.com.br/?product=aparelho-de-pressao-digital-de-pulso-g-tech-home-bp3moa/>>. Acesso em: 10 maio 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 62366**: Produtos para a saúde – Aplicação da Engenharia de usabilidade a produtos para a saúde. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 25062: Engenharia de software - Requisitos e avaliação da qualidade de produto de software (SQuaRE) - Formato comum da indústria (FCI) para relatórios de teste de usabilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- CASSANO-PICHÉ, A., TRBOVICH, P., GRIFFIN, M., LIN, Y. L. & EASTY, T. **Human factors for health technology safety**: evaluating and Improving the use of Health Technology in the Real World. Canada: Global Centre for eHealth Innovation, 268, 2015.
- DONALDSON, M. S. An overview of to err is human: re-emphasizing the message of patient safety. In: HUGHES, R. G. **Patient safety and quality**: an evidence-based handbook for nurses. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality, 2008.
- GARMER, K., LILJEGREN, E., OSVALDER, A. & DAHLMAN, S. Application of usability testing to the development of medical equipment. Usability testing of a frequently used infusion pump and a new user interface for an infusion pump developed with a Human Factors approach. **International Journal of Medical Informatics**, n. 29, pp. 145-159, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(01\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(01)00060-9)
- GARMER, K., YLVÉN, J. & KARLSON, M. User participation in requirements elicitation comparing focus group interviews and usability tests for eliciting usability requirements for medical equipment: a case study. **International journal of Industrial Ergonomics**, v. 33, pp. 85-98., 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2003.07.005>
- GAWROW, V. J., DRURY, C. G, FAIRBANKS, R. J. & BERGER, R. C. Medical error and human factors engineering: Where are we now? **American Journal of Medical Quality**, v. 21, n. 1, p. 57-67, 2006. <https://doi.org/10.1177/1062860605283932>
- ISO. **ISO 9241-11**: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11– Guidance on usability. Genebra, 1998.
- KOHN, L. T., CORRIGAN, J.M. & DONALDSON, M. S. To err is human. National Academy Press, Washington, DC, 1999.
- KUSHNIRUK, A. W. & PATEL, V. L. Cognitive and usability engineering methods for the evaluation of clinical information systems. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 37, pp. 56-76, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2004.01.003>
- LILJEGREN, E. Usability in a medical technology context assessment of methods for usability evaluation of medical equipment. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n. 36, pp. 345-352, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.10.004>

LILHOLT, P. H., JENSEN, M. H. & HEJLESEN, O. K. Heuristic evaluation of a telehealth system from the danish telecare north trial. **International Journal of Medical Informatics**, n. 84, pp. 319-326, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.01.012>

MARTIKAINEN, S., KORPELA, M. & TIIHONEN, T. User participation in helthcare IT development: a developers' viewpoint in Finland. **International Journal of Medical Informatics**, n. 83, pp. 189-200, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2013.12.003>

MARTIN, J. L., NORRIS B. J., MURPHY, E. & CROWE, J. A. Medical device development: The challenge for ergonomics. **Applied Ergonomics**, v. 39, pp. 271–283, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.10.002>

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

NIELSEN, J. (1995). **How to conduct a heuristic evaluation**. Disponível em: <<http://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

NIELSEN, J. & MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. **Proceedings of ACM CHI'90**, pp. 249-256, 1990. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>

NIÈS, J. & PELAYO, S. From users involvement to users' needs understanding: A case study. **International Journal of Medical Informatics**, v. 9, pp. 76–82, 2009.

RIVERA, A. J. & KARSH, B. T. Human factors and systems engineering approach to patient safety for radiotherapy. **International Journal of Oncology Biology Physics**, v. 71, n. 1, pp. 174–177, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2007.06.088>

REASON, J. Human error: models and management. **Education and Debate**, v. 320, pp.768-770, 2000.

SHNEIDERMAN B. **Designing the user interface**. 3rd ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1998.

SILVA, B. D. **Avaliação de usabilidade situada para aperfeiçoamento de equipamentos médicos**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VINCENT, C. J. & BLANDFORD, A. Usability standards meet scenario-based design: challenges and opportunities. **Journal of Biomedical Informatics**, n. 53, pp. 243-250, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2014.11.008>

ZHANG, J., JOHNSON, T. R., PATEL, V. L., MALIN, J. & SMITH, J.W. Designing human-centered distributed information systems. **IEEE Intell Syst**, n. 17, pp. 42-47, 2002. <https://doi.org/10.1109/MIS.2002.1039831>

ZHANG, J., JOHNSON, T. R., PATEL, V.L., PAIGE, D. L. & KUBOSE, T. Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices. **Journal of Biomedical Informatics**, n. 36, pp. 23-30, 2003. [https://doi.org/10.1016/S1532-0464\(03\)00060-1](https://doi.org/10.1016/S1532-0464(03)00060-1)



Artigo recebido em 18/07/2016 e aceito para publicação em 04/10/2017
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v17i4.2529>