

Revisão Sistemática da Literatura de Técnicas de Avaliação de Usabilidade aplicadas a produtos tangíveis

Systematic Review of Literature of Usability Evaluation Techniques applied to tangible products

MILLER, Katia Broeto; Doutora; Universidade Federal do Espírito Santo

katia.miller@ufes.br

BRINGHENTI, Jacqueline Rogeria; Doutora; Instituto Federal do Espírito Santo

jacquelineb@ifes.edu.br

PINTO, Ana Luiza Kruger Velten Rodrigues; Graduada em Engenharia Sanitária; Instituto Federal do Espírito Santo

anakvrp@gmail.com

ALVES, Thais Santos; Graduada em Design; Universidade Federal do Espírito Santo

thais.s.alves@edu.ufes.br

Este trabalho levantou as técnicas de Avaliação de Usabilidade utilizadas para a avaliação de artefatos tangíveis, relacionando-as à tipologia dos protótipos e ao ambiente onde aconteceram tais avaliações. Para isso, utilizou-se das etapas metodológicas da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para os artigos publicados em periódicos e revisão assistemática para trabalhos publicados em eventos de Ergonomia e Design. O levantamento final identificou 23 artigos publicados e 17 trabalhos apresentados, nos quais foram identificados o uso de técnicas das categorias de observação, inquirição e inspeção em protótipos físicos e virtuais e, muitas vezes, em produtos tangíveis já disponíveis no mercado. Conclui-se que há uma tendência das pesquisas em adotar protótipos virtuais com o uso de realidade virtual ou aumentada, sobretudo com o aperfeiçoamento e a acessibilização desses recursos. Além disso, muitas pesquisas fazem a combinação tanto de técnicas quanto de tipologias de protótipos, buscando cruzar e qualificar os resultados obtidos nos testes.

Palavras-chave: Avaliação ergonômica, avaliação de usabilidade, artefatos.

In this paper we survey the techniques of Usability Evaluation on tangible artifacts, relating them to the typology of the prototypes and to the environment in which these evaluations took place. To accomplish such a task, we used the methodological steps of Systematic Literature Review (SLR) of articles published in Journals and Non-systematic Review of papers published in Proceedings of Conferences in Ergonomics and Design. As a result, we gathered 23 articles published in Journals and 17 articles in the Proceedings, in which we identified the use of categories techniques observation, inquiry and inspection in physical or virtual prototypes and, very often, in physical products already available in the market. The conclusion is that there is a trend in research to adopt virtual prototypes using virtual reality or augmented reality, especially with the improvement and the access to these resources. Furthermore, many researches combine multiple techniques and prototype typologies, with the objective to cross and qualify results obtained in tests.

Keywords: Ergonomic Evaluation, Usability Evaluation, artifacts.

1 Introdução

Rogers, Sharp e Preece (2013) definem que uma preocupação fundamental do design de interação é de desenvolver produtos que sejam usáveis, ou seja, “(...) produtos que sejam fáceis de aprender a usar, eficazes e que proporcionem ao usuário uma experiência agradável” (ROGERS, SHARP, PREECE, 2013, p. 2). As autoras ainda distinguem um bom design de um design ruim considerando a interface entre o usuário e o objeto interativo:

Muitos produtos que requerem interação com o usuário foram projetados principalmente tendo o usuário em mente, como os smartphones (...) Outros, como a troca da visualização de um DVD para um canal de TV (...) não foram projetados tendo em mente os usuários; foram concebidos principalmente como sistemas para executar funções definidas. Mesmo que eles funcionem de forma eficaz, isso pode depender de como o sistema será utilizado por pessoas reais (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 1).

Tal prática de projeto também pode ser observada no desenvolvimento de uma série de objetos do cotidiano, tais como os citados e questionados por Norman (2006): portas, maçanetas, interruptores etc. No projeto desses objetos há uma preocupação muito mais nas funções práticas específicas que a entender as necessidades e demandas dos usuários que se relacionam com tais objetos.

No entanto, as autoras afirmam que o design de interação está bastante difundido no desenvolvimento de produtos, particularmente para produtos interativos relacionados a computadores, displays, dispositivos móveis, por exemplo. Porém, os produtos não digitais também são interativos e parte do seu sucesso depende da facilidade de aprendizado, da eficácia, da satisfação do uso etc. Esta pesquisa foi motivada pela necessidade de entender quais técnicas de avaliação de usabilidade têm sido aplicadas a produtos tangíveis, mas que demandam de interação do usuário e interfaces amigáveis e auto instrutivas.

A Experiência do Usuário é essencial para o Design de Interação, pois considera o uso de um produto e como se comporta, levando em conta como as pessoas se sentem em relação a esse produto e ao prazer e satisfação obtidos ao manipulá-lo. As autoras ainda ressaltam que em um projeto de produto interativo há muitos aspectos da experiência a serem considerados, assim como muitas formas de o fazer. Porém, os de maior importância são: “(...) usabilidade, funcionalidade, estética, conteúdo, *look and feel*, apelos sensoriais e emocionais” (ROGERS, SHARP, PREECE, 2013, p. 14).

De acordo com a NBR 9241-11 pode-se definir Usabilidade como uma medida onde um produto pode ser usado por usuários específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um determinado contexto específico de uso (ABNT, 2021). Por eficácia entende-se como a capacidade dos usuários de atingirem as metas propostas, a eficiência como o menor uso de recursos para atingir tais metas e satisfação como a sensação de bem-estar no fim da tarefa. A relação entre essas variáveis pode ser observada no diagrama da Figura 1.

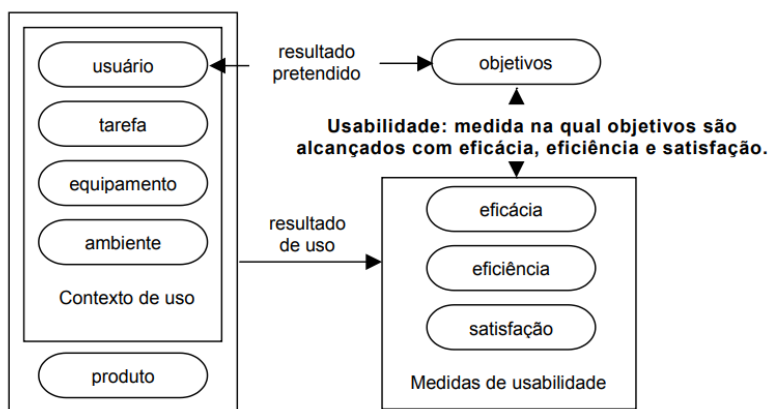
A usabilidade de produtos pode ser melhorada pela incorporação de características e atributos conhecidos como capazes de beneficiar os usuários em um contexto particular de uso. De modo a determinar o nível de usabilidade alcançado é necessário medir o desempenho e satisfação dos usuários trabalhando com um produto (ABNT, 2021).

Para Falcão e Soares (2013) a usabilidade aplicada ao desenvolvimento de produtos, serviços e sistemas resultam em artefatos de fácil utilização, conforto, compreensão de uso e

acessibilidade, oferecendo-os a diferentes grupos de usuários com necessidades de diferentes classes econômicas, gêneros e idades. Além de resultarem em artefatos com maior chance de sucesso no mercado (CATECATI et al., 2018).

Uma das formas de medir a usabilidade é a Avaliação de Usabilidade que foca tanto na usabilidade do sistema em si, quanto na experiência do usuário ao interagir com ele, sendo possível projetar e avaliar a sua adequabilidade para usuários de diferentes tipologias que ultrapassam a própria experiência dos projetistas.

Figura 1 - Estrutura de usabilidade.



Fonte: NBR ISO 9241-11 (2021)

Segundo Rogers, Sharp e Preece (2013), os tipos de avaliação de usabilidade podem ser de três categorias: (i) ambientes controlados envolvendo usuários, podendo envolver tanto observação quanto entrevistas e questionários; (ii) ambientes naturais envolvendo usuários, podendo envolver estudos de campo, observações e questionários; e (iii) qualquer ambiente não envolvendo usuários, onde consultores e pesquisadores criticam, predizem e modelam aspectos da interface, a fim de identificar problemas de usabilidade. Markopoulos et al. (2008 apud FALCÃO; SOARES, 2013) e Razak et al. (2010) salientam as vantagens e desvantagens dos ambientes controlados argumentando que esses geram um cenário artificial, apesar de propiciar maior controle sobre a obtenção dos dados e procedimentos de condução dos testes; mas também apontam as deficiências dos cenários naturais, uma vez que acontece o contrário.

Para Catecati et al. (2018) os modelos de avaliação de usabilidade podem ser divididos em duas classes: avaliação dos usuários ou dos especialistas, ou seja, modelos empíricos ou analíticos (DIX et al., 2004 apud MARTINS et al., 2013). Dentre os modelos empíricos, destacam-se a observação sistemática e a inquirição e dentre os modelos analíticos, a inspeção com a avaliação por peritos (MARTINS, et al., 2013).

Considerando as diferentes categorizações dos autores, neste trabalho as técnicas de avaliação de usabilidade serão categorizadas em observação, inquirição e inspeção. As técnicas da categoria de observação são aquelas onde os indivíduos são observados durante a interação com o produto por especialistas em usabilidade, tais como Teste de Usabilidade, Pensando em voz alta e Aprendizagem por descoberta (CATECATI et al., 2018; SOARES, 2021).

As técnicas da categoria de inquirição são aquelas onde as informações são obtidas por meio de grupos focais, entrevistas e questionários com a participação de usuários representativos dos perfis definidos para o produto avaliado (CATECATI et al., 2018; SOARES, 2021). Nesse tipo de técnica é possível diagnosticar aspectos subjetivos como a satisfação e são bastante usados de forma complementar às técnicas de observação.

Por fim, nas técnicas da categoria de inspeção os especialistas analisam a interface em busca de problemas por meio de uma lista de verificação. Como exemplos tem-se o percurso cognitivo, a exploração pluralística e a avaliação heurística (ROGERS, SHARP, PREECE, 2013; CATECATI et al., 2018).

A prototipação e construção do artefato são de suma importância no processo de entendimento da medida da usabilidade, sobretudo para os projetos em construção cuja materialidade física não existe ou precisa ser aperfeiçoada. Segundo Rogers, Sharp e Preece (2013) os protótipos podem ser desde de um simples *storyboard* à base de papel até uma peça de metal moldada ou comprimida. Sendo assim, podem ser classificados em de baixa ou de alta fidelidade de acordo com a semelhança ao produto final.

Os protótipos também podem ser classificados entre virtuais ou físicos de acordo com a natureza da sua representação. Soares (2021) alerta que o uso de tecnologias de realidade aumentada ajudam a produzir modelos virtuais que proporcionam maior interação com o usuário.

(..) o protótipo virtual, ou maquete digital, é uma simulação em computador de um produto físico que pode ser apresentado, analisado e testado a partir de aspectos do ciclo de vida do produto, como design/engenharia, fabricação, serviço e reciclagem, como se fosse um modelo físico real (WANG, 2002 apud SOARES, 2021, p. 188).

A vantagem dos protótipos virtuais é que podem ser testados por um número maior de usuários, sobretudo em ambientes não controlados e que não exigem equipamentos específicos. Além disso, esses protótipos são mais baratos e mais rápidos de serem produzidos se comparados aos protótipos físicos. Isso permite a adequação de problemas identificados ou a incorporação de novas funcionalidades à medida que acontece a fase de teste, gerando ciclos iterativos de *feedback* dos usuários e testagem.

A vantagem dos protótipos físicos se concentra na materialidade do objeto, permitindo uma experiência multissensorial e, dependendo da fidelidade de protótipo, muito próxima à realidade de uso no mundo real.

No entanto, Soares (2021) ainda ressalta que a utilização de um protótipo virtual não exclui a testagem com um protótipo físico. Ambos possuem vantagens e desvantagens e podem ser incorporados em diferentes etapas do desenvolvimento do produto.

Considerando o exposto, o objetivo desta pesquisa é identificar e relacionar as categorias das técnicas de avaliação de usabilidade, as tipologias dos protótipos e os ambientes de testagem que têm sido mais utilizados em avaliações de produtos físicos relatadas em trabalhos técnico-científicos.

2 Metodologia

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) caracteriza uma inspeção, impulsionada por um questionamento formulado de maneira detalhada, que utiliza métodos sistemáticos e

transparentes para detectar, eleger e avaliar criticamente estudos relevantes. Além de extrair e verificar dados dos estudos que serão incluídos na revisão (MOHER et al, 2009). A RSL foi conduzida utilizando o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), com auxílio do software StArt. Tal protocolo auxilia na seleção e no relato dos resultados da RSL com uso de meta-análises (MOHER et al, 2009), que consiste em um *checklist* com 27 itens e um fluxograma de 4 etapas: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão.

O StArt é um programa gratuito, desenvolvido pelo LaPES (Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)¹. De acordo com Munzlinger, Narcizo e De Queiroz (2012), o programa atende as etapas de uma RSL: planejamento, execução e sumarização. Além de fornecer ferramentas de filtragem, extração de conteúdo dos estudos e algumas análises quantitativas.

Para utilizar o software StArt se faz necessário o preenchimento de um protocolo no próprio programa. Neste protocolo, foram inseridas as principais informações relacionadas à pesquisa, como nome dos pesquisadores, perguntas a serem respondidas durante o processo, as palavras-chave, a *string* de busca e os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, caracterizando a etapa de planejamento da RSL.

A condução da análise sistemática dos estudos foi executada da seguinte maneira: (a) busca nas bases de dados, (b) seleção: aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, (c) extração: leitura completa dos artigos.

2.1. Buscas nas bases de dados

As buscas foram feitas em setembro de 2021, nas bases de dados Scopus e Science Direct, utilizando-se três ciclos de teste para a definição das palavras-chaves e os critérios de exclusão. Na primeira rodada, utilizaram-se termos em inglês mais gerais (*product, product design, prototype, usability assessment, usability evaluation e usability testing*), resultando em 451 artigos. Uma análise amostral dos resumos dos artigos desta listagem demonstrou a inadequação dos termos usados, uma vez que não havia uma considerável ocorrência em produtos tangíveis, mas sim em quase que na totalidade de produtos digitais que não são o foco desta pesquisa.

No segundo ciclo, optou-se por termos também em língua inglesa mais específicos que puderam ser extraídos da análise amostral (*virtual prototypes, ergonomic evaluation, performing ergonomic analyses, e virtual reality*), resultando em 76 artigos. No entanto, essa segunda busca se mostrou direcional excluindo outras possíveis técnicas de avaliação que não envolvessem realidade virtual e protótipos virtuais. Sendo assim, foi realizada uma terceira pesquisa que buscou ser específica para a temática desta pesquisa, mas sem direcionar os possíveis resultados.

Os termos foram: *virtual prototypes; ergonomic evaluation; performing ergonomic analyses; virtual reality; usability assessment; e product design*. Com essa busca obtiveram-se 408 artigos que, após verificada a duplicidade, resultaram em 401 estudos. A estratégia (*string*) de busca foi definida tendo enfoque em encontrar estudos que apresentassem métodos de avaliação de usabilidade para produtos físicos. Juntamente às palavras-chaves, o software utiliza de operadores da lógica Booleana (and e or).

1 O software encontra-se disponível em: http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

Sendo assim, a *string* de busca que teve o melhor desempenho aplicada na base de dados da Scopus foi: TITLE-ABS-KEY (((virtual AND prototypes) AND (performing AND ergonomic AND analyses)) OR ((ergonomic AND evaluation) AND (virtual AND reality)) OR ((usability AND assessment) AND (product AND design))) AND PUBYEAR > 2010 AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")), o que significa que seriam buscados no título, resumo e palavras-chaves dos artigos os termos: virtual/protótipo e performance/ergonômico/análise, ergonômico/avaliação e virtual/realidade ou usabilidade/avaliação e produto/design, ou seja, a busca já trazia alguns indícios do que poderia ser encontrado, mas sem limitá-lo, visto que uma revisão assistemática da literatura feita anteriormente para a definição dos termos da pesquisa, apontava que estudos mais recentes utilizaram de realidade virtual e protótipos virtuais para a avaliação de produtos físicos. Além disso, a *string* limitou a busca para os últimos 11 anos e para artigos finais publicados em periódicos de língua inglesa. Essas pré-definições do protocolo resultaram em 212 artigos.

A *string* de busca aplicada na base de dados do Science Direct possui o mesmo conceito aplicado à base do Scopus, porém possui uma estrutura de caracteres diferente: ("ergonomic evaluation") AND ("virtual reality") OR ("performing ergonomic analyses") AND ("virtual prototypes") OR ("usability assessment") AND ("product design"). Esta pesquisa resultou em 196 artigos. O intervalo de busca também considerou os últimos 11 anos de publicações, ou seja, de 2011 até a data da busca.

As informações dos estudos foram extraídas das bases de dados em um arquivo no formato BibTEX, que é uma linguagem de marcação que serve para descrever e processar referências bibliográficas em documentos LaTeX (BIBTEX, 2022). E, posteriormente, inseridas no software para que pudessem ser lidas, entendidas e filtradas de forma automatizada.

O StArt possui uma ferramenta na qual é estabelecida uma pontuação (*score*) para cada artigo. Os termos inseridos no protocolo inicial somam pontos conforme aparecem no título, resumo e palavras-chave do estudo. Do padrão do protocolo, foi alterada apenas a forma como o StArt faz o cálculo dessa pontuação nas palavras-chave. Assim, configurando o cálculo que o programa realiza, foi definido: três pontos, caso o termo apareça no título; dois pontos, caso o termo apareça no resumo; e um ponto, caso o termo apareça nas palavras-chave do artigo encontrado. Desse modo, foram observados 162 estudos com a pontuação igual a 0 ou 1, ou seja, não foi detectada a ocorrência de nenhum termo ou foi detectada apenas uma vez. Esses 162 estudos foram descartados, dando início a análise dos 239 restantes.

2.2. Seleção: critérios de inclusão e exclusão

Nesta etapa foram lidos os títulos e resumos de todos os 239 estudos encontrados. A designação dos critérios de exclusão se deu a fim de eliminar estudos que: (1) não investigaram a avaliação de usabilidade de produtos, (2) foram classificados como revisão sistemática, (3) apresentaram pontuação 0 ou 1. Foram incluídos na próxima etapa da análise sistemática (extração) estudos que: (4) apresentaram avaliação de usabilidade de algum produto.

2.3. Extração: leitura completa dos artigos

Nesta etapa foram extraídas as informações referentes às técnicas de avaliação de usabilidade encontradas nos estudos através da leitura completa dos artigos.

Após a aplicação das etapas metodológicas e a partir da leitura dos resumos dos trabalhos técnicos científicos, obtiveram-se 53 artigos válidos que seriam pertinentes a esta pesquisa, ou seja, que tratavam de avaliação de usabilidade aplicada a produtos físicos. Após a seleção inicial, um novo filtro foi aplicado, no qual foi feita a leitura completa dos trabalhos técnico científicos para extração das informações referentes às avaliações de usabilidade utilizadas. Quando esta última etapa foi iniciada, dos 53 artigos.

2.4. Busca por publicações técnico-científicas em eventos

Em paralelo à RSL e complementarmente, foi realizada busca sobre avaliação de usabilidade aplicada a produtos físicos em trabalhos técnicos científicos publicados nos anais das edições de 2019, 2017 e 2015 do Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-tecnologia e Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-computador (Ergodesign & USIHC). O recorte nesses três eventos foi feito pela disponibilidade de acesso aos anais das edições do congresso que ocorreram no período de tempo da pesquisa, o que resultou na identificação de dezessete trabalhos técnico-científicos. Vale ressaltar que essa busca foi feita de forma manual por meio, inicialmente, da leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves e, posteriormente, da leitura integral.

3 Resultados e discussões

3.1. Resultados da etapa de extração

Considerando os artigos extraídos na fase de extração da RSL, elaborou-se a Tabela 1 que contém o quantitativo dos artigos publicados de 2011 a 2021². Percebe-se que nos primeiros anos há poucas publicações que tratam da temática de avaliação de usabilidade em produtos físicos. Porém, há um crescimento gradativo ao longo dos anos com destaque para 2019, onde há um crescimento de 100% (cem por cento) em relação ao ano anterior.

Tabela 1 – Artigos publicados válidos extraídos da fase de Extração do StArt

| Ano | Publicações extraídas |
|------|-----------------------|
| 2011 | 1 |
| 2012 | 2 |
| 2013 | 4 |
| 2014 | 4 |
| 2015 | 5 |
| 2016 | 4 |

² O quantitativo de trabalhos técnico-científicos publicados anteriormente se mostrou pouco relevante para os resultados apresentados após essa data, visto que, em alguns anos, inferiores a uma ocorrência.

| | |
|--------------|-----------|
| 2017 | 5 |
| 2018 | 5 |
| 2019 | 10 |
| 2020 | 7 |
| 2021 | 6 |
| Total | 53 |

Fonte: As autoras.

O aumento observado não refletiu necessariamente em inovações nas pesquisas, como pode ser observado na leitura e análise das publicações. No ano de 2020 e 2021, tendo em vista que foi o ano que iniciou-se a pandemia do COVID-19, o número de pesquisas realizadas voltou a decrescer com uma diminuição em cerca de 20% (vinte por cento) a 40% (quarenta por cento), respectivamente, na quantidade de artigos produzidos.

Dos 53 artigos, apenas 23 estavam disponíveis para leitura aberta, por este motivo, criou-se mais um critério de exclusão que foi a disponibilidade do artigo online de forma aberta. Considerando os 23 artigos lidos, constatou-se que a tipologia de protótipo mais utilizada foi a virtual e a categoria de técnica de avaliação de usabilidade mais aplicada foi a de observação, com destaque para o Teste de Usabilidade e Análise da Tarefa.

3.2. Tipologia dos protótipos e categorias das técnicas de avaliação de usabilidade dos artigos extraídos

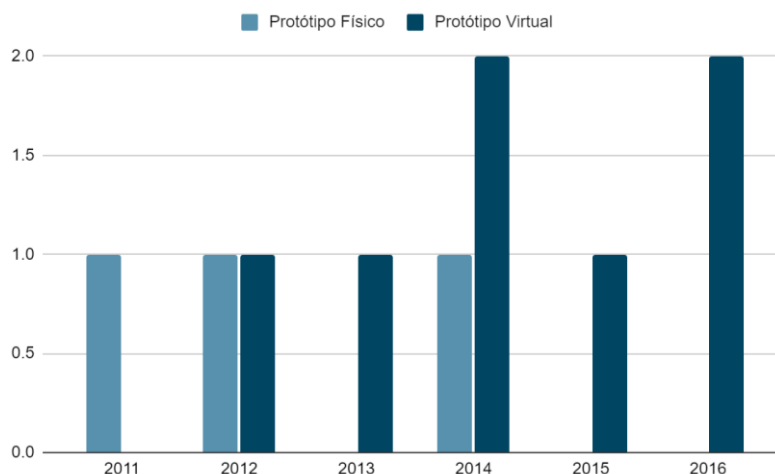
De 2012 a 2016, 100% (cem por cento) dos artigos fizeram uso de protótipos virtuais para a realização de suas respectivas avaliações, mesmo que em apenas uma etapa do processo ou em conjunto com outros tipos de protótipos. Além disso, alguns deles utilizaram também do ambiente real como complemento a pesquisa, como pode-se observar na Figura 1. Vale ressaltar que para as pesquisas que utilizaram protótipos físicos e virtuais complementar e simultaneamente, esses protótipos foram contabilizados em duplicidade nos gráficos.

Nos anos seguintes, de 2017 a 2021, o uso de protótipos físicos aumentou consideravelmente, ultrapassando os virtuais, como mostrado na Figura 2, assim como antes, o uso de combinações de protótipos para a execução das avaliações permaneceu, observou-se o uso e comparação dos protótipos físicos e virtuais, buscando um resultado e uma análise mais completa da relação do usuário com o produto, e como, de acordo com o protótipo, essa relação pode ser alterada tanto de forma positiva, como negativa.

Analisando de forma pontual, os anos que mais obtiveram resultados em relação a quantidade de estudos foram 2019 e 2020, com uma posterior queda em 2021. No entanto, vale ressaltar que a pandemia de COVID-19 pode ter sido um fator que alterou a realização das pesquisas, bem como a publicação de seus resultados neste período. Dos dez artigos publicados em 2019, cinco possuíam dados e informações para que fossem identificadas a tipologia da técnica e do protótipo. E, para 2020, dos sete identificados, apenas três forneciam as informações buscadas

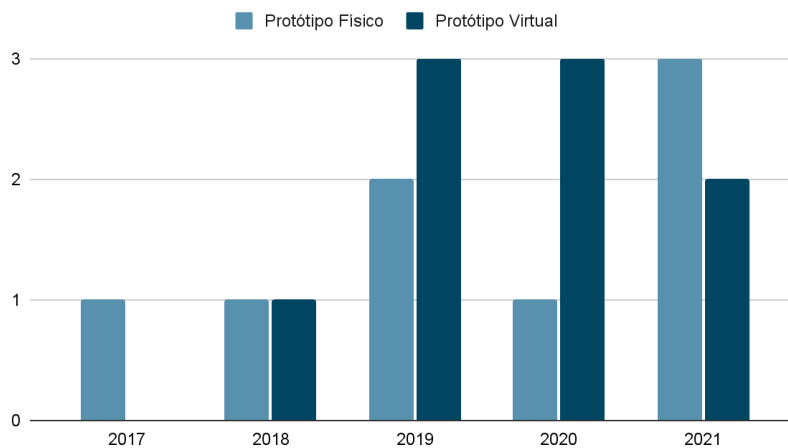
na pesquisa, se encontrando respectivamente em primeiro e segundo lugares em questão de quantitativo.

Figura 1 – Tipologias de protótipos utilizados nos anos de 2011 a 2016



Fonte: As autoras.

Figura 2 – Tipologias de protótipos utilizados nos anos de 2017 a 2021



Fonte: As autoras.

Dos oito artigos extraídos de 2019 e 2020, três utilizaram protótipos virtuais para realização das avaliações, sendo que um deles também fez uso de um protótipo físico. Nesta pesquisa em específico, onde ambos foram utilizados para a avaliação da postura do usuário, os resultados foram utilizados para comparar se havia grande diferença nos resultados da avaliação considerando estímulos diferentes, pensando tanto no objetivo final do teste, como no processo em si (RIZZUTO et al, 2019).

Além dessa pesquisa, dois artigos também utilizaram protótipos físicos para realização de suas avaliações, um se tratava de cortadores de grama e outro de guindastes utilizados em hospitais para levantar pacientes, em ambos os usuários realizaram tarefas pré definidas e depois responderam questionários, onde demonstravam como foi sua experiência e satisfação com os produtos. Nos três artigos restantes, não foram utilizados protótipos para a realização

das avaliações, pois a pesquisa foi feita com usuários que já tinham conhecimento dos produtos ou, no caso do artigo número 2 do Quadro 1, o objetivo principal era descobrir a relação dos usuários com o design de produto e sua relação com produtos sustentáveis.

Pode-se observar, de acordo com o Quadro 1, que em 2019 houve uma variação em relação à tipologia dos protótipos utilizados nos estudos. Porém, em questão das categorias das técnicas de avaliação, a mais utilizada foi a de inquirição, seguida da de observação, trabalhadas de forma individual ou conjunta. Como um complemento a algumas avaliações, utilizou-se da técnica de inspeção. Sendo que ao se utilizar de técnicas da categoria de observação, os autores utilizaram protótipos físicos de diferentes níveis de fidelidade.

Dos artigos que utilizaram das categorias das técnicas de observação, se tratando dos produtos tangíveis, observou-se o método de criação de tarefas pré-estabelecidas para serem realizadas tanto em ambientes construídos fechados como em ambientes abertos (quando o produto precisava de um espaço maior para ser testado), como no caso do cortador de grama. No caso dos protótipos virtuais, dentro dessa mesma categoria de técnica, a única diferença estava nos espaços que os usuários faziam as avaliações, normalmente ambientes virtuais ou de realidade virtual.

Para os que utilizaram das categorias das técnicas de inquirição, pode-se perceber o uso de questionários variados para realização das avaliações, tanto questionários criados de forma específica para a pesquisa que estava sendo feita, como questionários com sistemas já conhecidos, como: escala de usabilidade do sistema, o SUS (*System Usability Scale*, em inglês), método utilizado para avaliar a eficiência, efetividade e satisfação de um sistema, e o índice de cargas de tarefas, conhecido como NASA TLX (*NASA Task Load Index*, em inglês), utilizado para avaliar a carga de trabalho total, incluindo demanda física e mental (BENIN; PESSA, 2019).

Quadro 1 – Artigos publicados no ano de 2019

| nº | Técnica de Avaliação ³ | Tipo de protótipo | Tipo de ambiente |
|----|-----------------------------------|----------------------------|--|
| 1 | Observação e inquirição | Protótipo físico e virtual | Ambiente real, ambiente virtual com estímulo auditivo e ambiente virtual com estímulo visual |
| 2 | Inquirição | Não se aplica | Não se aplica |
| 3 | Inquirição e inspeção | Protótipo virtual | Realidade virtual |
| 4 | Observação e inquirição | Protótipo físico de alta | Ambiente real |

³ Os títulos dos artigos são: 1. Avaliação de óculos de realidade virtual como ferramenta para a avaliação de postura em softwares de modelagem digital (RIZZUTO et al, 2019) (em inglês, *Evaluation of a virtual reality head mounted display as a tool for posture assessment in digital human modelling software*); 2. Promovendo sustentabilidade através do processo de design de produto pelo envolvimento do usuário (EFKOLIDIS et al, 2019) (em inglês, *Promote sustainability through product design process by involving the user*); 3. Diga, o que está na sua mente? Avaliações de cirurgiões em um simulador de realidade virtual de Vertebroplastia quanto ao seu realismo e usabilidade (KOCH et al, 2019) (em inglês, *Say, What Is on Your Mind? Surgeons' Evaluations of Realism and Usability of a Virtual Reality Vertebroplasty Simulator*); 4. Avaliação de usabilidade de um cortador de grama motorizado com diferentes níveis de atendimento às normas de design (DENG, et al, 2019) (em inglês, *A usability assessment of riding lawn-mowing equipment with varying levels of design standards compliance*); 5. Avaliação de usabilidade de guinchos para pacientes acamados como um guia de compra para unidades de saúde (MÜLLER et al, 2019) (em inglês, *Usability assessment of patient hoists as a purchasing guide for health facilities*).

| | | | |
|---|-------------------------|------------------|---------------|
| | | fidelidade | |
| 5 | Observação e inquirição | Protótipo físico | Ambiente real |

Fonte: As autoras.

Já no ano de 2020, como pode se observar no Quadro 2, houve uma variedade tanto em relação às categorias das técnicas de avaliação de usabilidade, como em relação às tipologias dos protótipos, sendo utilizado as técnicas de avaliação da categoria de observação, inquirição e inspeção e como protótipos para realização das avaliações, tanto físicos como virtuais.

No caso do primeiro artigo, “Um estudo comparativo de avaliação de design com protótipos virtuais e produto físico” (em inglês, *A comparative study of design evaluation with virtual prototypes versus a physical product*), o ambiente virtual foi trazido unido a realidade aumentada, sendo utilizado para as avaliações um protótipo virtual de alta fidelidade e também utilizou-se do produto tangível em si, sendo que, através da aplicação dos diferentes protótipos, obtiveram-se um resultado completo em questão de comparação entre eles, seus pontos positivos e negativos, também a relação dos usuários com cada um deles. Nessa pesquisa, trouxeram a categoria da técnica de observação e a categoria da técnica de inquirição (CHU; KAO, 2020).

Pode-se destacar nesse ano, um outro meio para realização da avaliação de usabilidade, no artigo “Investigando preferências de consumidores no design de produto com a análise de opiniões nas redes sociais utilizando dedução a partir de evidências” (em inglês, *Investigating consumer preferences on product designs by analyzing opinions from social networks using evidential reasoning*) como o próprio nome diz, eles recorreram às opiniões dos usuários nas redes sociais, realizando a avaliação através dos comentários retirados, sendo o único artigo apto encontrado a usufruir desse meio (NG; LAW, 2020).

Quadro 2 – Artigos publicados no ano de 2020

| nº | Técnica de Avaliação ⁴ | Tipo de protótipo | Tipo de ambiente |
|----|-----------------------------------|-------------------|--|
| 1 | Observação e inquirição | Protótipo virtual | Realidade aumentada; ambiente virtual |
| 2 | Inquirição | Não se aplica | Não se aplica |
| 3 | Inspeção/inquirição | Não se aplica | Realidade virtual |

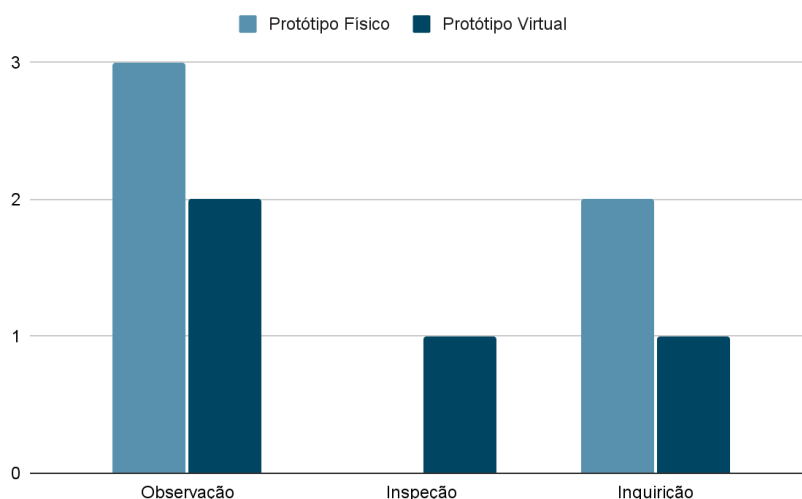
Fonte: As autoras.

4 Os títulos dos artigos são: 1. Um estudo comparativo de avaliação de design com protótipos virtuais e produto físico (CHU; KAO, 2020) (em inglês, *A comparative study of design evaluation with virtual prototypes versus a physical product*); 2. Investigando preferências de consumidores no design de produto com a análise de opiniões nas redes sociais utilizando dedução a partir de evidências (NG; LAW, 2020) (em inglês, *Investigating consumer preferences on product designs by analyzing opinions from social networks using evidential reasoning*); 3. Avaliação de simulador de realidade virtual de cirurgia do osso temporal: um estudo do panorama nacional e validação de conteúdo (COMPTON et al, 2020) (em inglês, *Assessment of a virtual reality temporal bone surgical simulator: A national face and content validity study*).

No terceiro artigo do Quadro 2, como mostrado, pode-se observar o uso de técnicas das categorias de inspeção e inquirição para realização das avaliações, onde os usuários que participaram foram cirurgiões experientes e residentes de diferentes localidades. Os usuários fizeram testes em um simulador de cirurgia no osso temporal realizado em realidade virtual, logo após o uso do simulador, responderam um questionário adaptado para a literatura de simulação cirúrgica, em uma plataforma digital. Como resultado dos testes constatou-se a efetividade do simulador e a possibilidade do seu uso para o meio educacional e para prática clínica (COMPTON et al, 2020).

Com a análise do tipo de técnica, de protótipo e de ambiente identificados nos estudos pode-se identificar, que os protótipos físicos estão associados com ambientes reais, enquanto que os protótipos virtuais têm sido utilizados em ambientes virtuais e/ou de realidade aumentada. Considerando os tipos de técnicas de avaliação de usabilidade, a maior ocorrência de protótipos físicos aconteceu com a técnica de observação (3), seguida pela de inquirição (2), sendo que na técnica de inspeção não foram utilizados protótipos físicos. Considerando os protótipos virtuais, a maior ocorrência também acontece com as técnicas da categoria de observação (2), seguida pelas de inspeção (1) e inquirição (1) com o mesmo número de ocorrências (Figura 3).

Figura 3 – Relação entre as tipologias de técnicas de avaliação de usabilidade e tipos de protótipos para aos artigos selecionados de 2019 e 2020



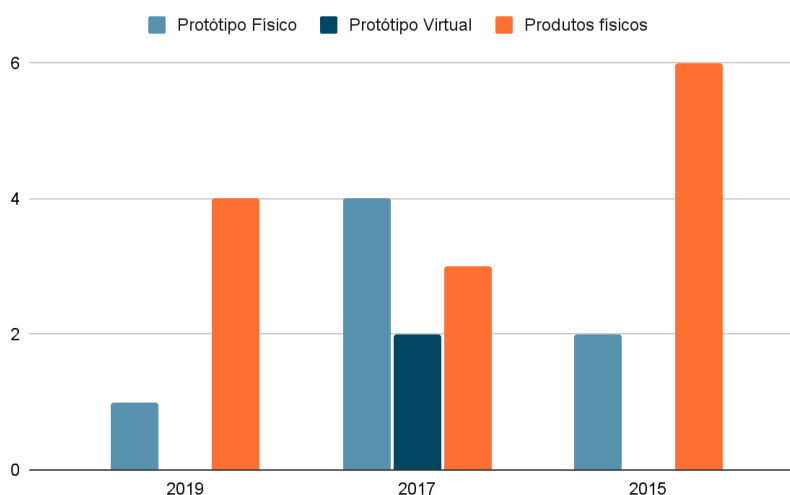
Fonte: As autoras.

3.3. Tipologia dos protótipos e das categorias das técnicas de avaliação de usabilidade dos trabalhos técnico científicos identificados nos congressos de Ergodesign

Considerando os trabalhos técnico-científicos extraídos da busca nas edições de 2015, 2017 e 2019 da Ergodesign, pode-se observar que a maior parte dos trabalhos utilizou de análises vinculadas aos produtos físicos já prontos, contribuindo com uma abordagem somativa ao desenvolvimento de novos produtos ou o aperfeiçoamento de soluções já existentes (Figura 4). Por exemplo, Vedan et al (2019) analisou dois modelos de descascadores de legumes convencionais e identificou seus pontos positivos e negativos, a partir daí criou um *briefing* de

projeto para confecção de um novo descascador que não teria as problemáticas encontradas anteriormente. O protótipo final desenvolvido e avaliado pelos usuários, conseguiu obter um resultado favorável e ocorreu uma melhoria do seu desempenho geral comparado aos resultados dos primeiros testes realizados.

Figura 4 – Tipologias de protótipos utilizados nos trabalhos técnico-científicos



Fonte: As autoras.

Dos 17 trabalhos identificados, 12 fazem análises em produtos físicos já prontos e em uso no mercado para servir como um *benchmarking* ao desenvolvimento de novos produtos, destes apenas 2 combinam a avaliação de produtos físicos com protótipos também físicos e nenhum associa produtos físicos com protótipos virtuais. Dos protótipos utilizados, 7 utilizaram protótipos físicos com apenas um de alta fidelidade e dois de média fidelidade com o uso da impressão 3D e o outro como modelo funcional, sendo que os demais estudos não detalharam o nível de fidelidade dos protótipos. E 2 trabalhos utilizaram de protótipos virtuais em associação a protótipos físicos, sendo que nenhum dos trabalhos utilizou somente protótipos virtuais.

Vale ressaltar que 100% (cem por cento) dos trabalhos analisados que desenvolveram produtos tratam-se de objetos utilitários pequenos (tais como abridor de lata, garrafas térmicas, descascadores de legumes etc) e que são mais fáceis de prototipar, tanto de forma manual quanto com o uso de uma impressora 3D caseira que é mais barata e acessível, se comparado a objetos maiores que demandam mais infraestrutura física e recursos financeiros para seu desenvolvimento.

O Quadro 3 traz uma compilação de todos os trabalhos selecionados, ressaltando a tipologia da técnica de avaliação de usabilidade adotada para a análise. Dos 17 trabalhos, 10 utilizaram de técnicas da categoria de observação, 9 utilizaram de técnicas da categoria de inquirição e 2 utilizaram de técnicas da categoria de inspeção. É recomendado pela literatura a associação de categorias de técnicas de usabilidade para a obtenção de resultados mais robustos e ricos de informações e dados, o que pode ser observado em 5 trabalhos, sendo que a associação foi feita entre técnicas das categorias de observação e inquirição (ROGERS, SHARP, PREECE, 2013).

Quadro 3 – Artigos publicados na revista Ergodesign e nas edições de 2019, 2017 e 2015 do congresso Ergodesign & USIHC

| nº | Categoria da técnica de Avaliação ⁵ | Tipo de protótipo | Tipo de ambiente |
|----|--|--------------------------------------|------------------|
| 1 | Inquirição | Não se aplica | Real |
| 2 | Observação e Inquirição | Não se aplica | Real |
| 3 | Observação | Não se aplica | Real |
| 4 | Observação e Inquirição | Protótipo físico de alta fidelidade | Real |
| 5 | Inspeção | Protótipo físico e virtual | Virtual e real |
| 6 | Inquirição | Protótipo físico de média fidelidade | Real |
| 7 | Inquirição | Protótipo físico e virtual | Virtual e real |
| 8 | Inquirição | Não se aplica | Real |
| 9 | Observação e Inquirição | Protótipo físico | Real |
| 10 | Observação e Inquirição | Não se aplica | Real |
| 11 | Inquirição | Não se aplica | Real |
| 12 | Observação e Inquirição | Não se aplica | Real |
| 13 | Inspeção | Protótipo físico de média fidelidade | Real |

⁵ Os títulos dos trabalhos técnico-científicos identificados nas edições 2019, 2017 e 2015 do Congresso Ergodesign & USIHC: 1. Uso do método RGT (Repertory Grid Technique) como ferramenta para análise de produto (DEMAISON et al, 2019); 2. Segurança do Produto considerações de usabilidade para garrafas térmicas de pressão (LIMEIRA; SILVA, 2019); 3. Análise de Usabilidade em garrafa térmica tipos rosca (MARQUES; SANTOS; CAMPOS, 2019); 4. Desenvolvimento de descascador de legumes ergonômico voltado a usuários com restrição visual (VEDAN et al, 2019); 5. Análise Ergonômica comparativa entre três metodologias de modelagem do vestuário a partir das heurísticas de Nielsen (OLIVEIRA; BISCHOFF, 2017); 6. Usabilidade de produtos de tecnologia assistiva para atividades de vida diária de pessoas com doença de Parkinson (CABRAL, et al, 2017); 7. Redesign de abridor de latas e garrafas sob viés ergonômico (GIULI; TOBARO; TOMIATTI, 2017); 8. Análise e mensuração da satisfação de usuários de sistemas de sustentação de roçadeiras laterais motorizadas (FERRARI et al, 2017); 9. Melhoria na comunicação do conceito de uma embalagem a partir de teste de usabilidade e experiência do usuário (THIELEN; GOULART, 2017); 10. Análise Ergonômica de um produto de consumo: o caso de um bebedouro de mesa tipo Gelágua (FARIAS et al, 2017); 11. Estudo da usabilidade de comandos de um monocultivador agrícola (VEIGA; GONTIJO, 2015); 12. Recomendações para o design de sistemas de desenvolvimento de desenhos técnicos: análise ergonômica das pranchetas para desenho nas salas de aula do IFBA/Campus Salvador (SOARES; MARIÑO; FREITAS, 2015); 13. Avaliação Heurística do modelo funcional da luminária modular LED (RODRIGUES; OKIMOTO, 2015); 14. Avaliação de segurança e usabilidade de andadores infantis: estudo de caso realizado em Recife-PE (QUEIROZ et al, 2015); 15. Análise Ergonômica do berçário e soluções para o mobiliário do professor (ODRIGUES; OKIMOTO; CARDONA, 2015); 16. Análise Ergonômica de um ferro de passar sem fio desenvolvido com ênfase no Design Emocional (SILVA, 2015); e 17. Teste de Usabilidade da revista de moldes de costura Burdastyle (PERITO et al, 2015).

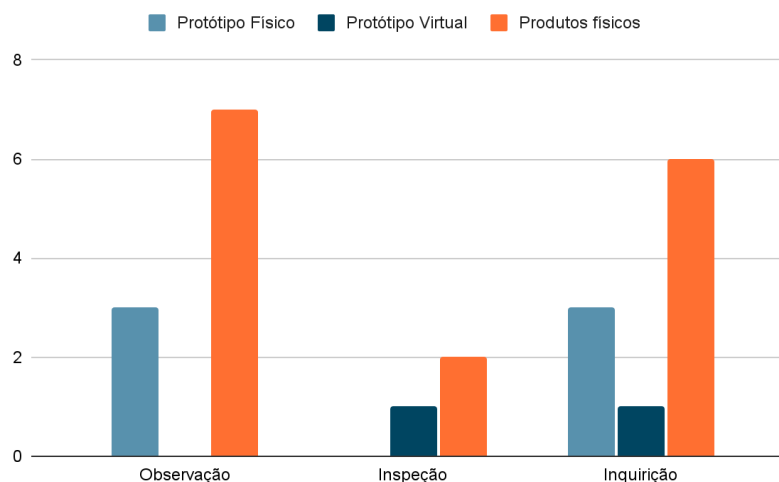
| | | | |
|----|------------|------------------|------|
| 14 | Observação | Não se aplica | Real |
| 15 | Observação | Não se aplica | Real |
| 16 | Observação | Protótipo físico | Real |
| 17 | Observação | Não se aplica | Real |

Fonte: As autoras.

Considerando o tipo de ambiente onde ocorre a pesquisa, assim como na RSL, houve a correspondência entre ambiente real e protótipos físicos e ambiente virtual com protótipos virtuais, não havendo a ocorrência de realidade aumentada.

Analisando-se a tipologia da técnica de avaliação de usabilidade e sua correspondência com os tipo de protótipo, observa-se que quando os pesquisadores utilizaram técnicas da categoria de **observação**, foram adotados os produtos físicos e/ou protótipos físicos. Quando a técnica adotada foi a da categoria de **inquirição**, adotaram-se majoritariamente produtos físicos, mas também protótipos físicos e virtuais com uma predominância do primeiro tipo de protótipo. E, quando a técnica era da categoria de **inspeção**, não foram adotados produtos físicos, mas sim protótipos tanto físicos quanto virtuais, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Relação entre as categorias das técnicas de avaliação de usabilidade e de protótipos utilizados nos trabalhos técnico-científicos publicados no evento Ergodesign & USIHC de 2019, 2017 e 2015.



Fonte: As autoras.

4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos e considerando a tipologia dos protótipos, foi possível constatar que trabalhos técnico-científicos publicados nos eventos tiveram uma tendência ao uso de produtos físicos já disponíveis no mercado e/ou protótipos físicos para a realização das análises, enquanto que para os artigos científicos houve a predominância no uso de protótipos (físicos e/ou virtuais), muitas vezes eles eram utilizados de forma associada dependendo da técnica de avaliação utilizada. No entanto, comparando os resultados por ano, observa-se uma tendência pelo uso de protótipos virtuais em ambientes também virtuais de teste com destaque para o uso de realidade aumentada.

A hipótese para essa tendência é o fato da possibilidade de otimização dos custos e de ampliação da quantidade de testes e usuários com protótipos virtuais, além da melhoria das tecnologias com o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de *gadgets* de realidade virtual que exploram a experiência multissensorial e tornam o ambiente virtual mais tangível, tais como as luvas sensoriais, óculos de imersão, sensores de movimento etc. No entanto, a confirmação dessa hipótese demanda o aprofundamento desta pesquisa em questões específicas surgidas a partir da análise dos dados encontrados.

No entanto, vale salientar que as técnicas de avaliação de usabilidade que utilizam de ambientes e recursos virtuais podem não permitir vivenciar a experiência com o produto avaliado, uma vez que a plataforma digital ainda não permite uma experiência multissensorial ou, quando permite, trata-se de tecnologia em desenvolvimento e ainda pouco acessível. Mas acredita-se que essa percepção possa ser amenizada conforme aconteça compatibilidade dos usuários com as tecnologias digitais.

Considerando as categorias das técnicas de avaliação de usabilidade, observa-se uma predileção ao uso de técnicas da categoria de observação com destaque para o Teste de Usabilidade e a Análise da Tarefa. A segunda técnica mais utilizada foi a da categoria de inquirição, com destaque para entrevistas semi-estruturadas e questionários elaborados pelos pesquisadores a partir do SUS (*System Usability Scale*) e Diferencial Semântico (DS). Vale destacar que em muitos trabalhos essas técnicas foram utilizadas de forma consorciada com a aplicação de questionário antes e/ou depois da observação dos usuários.

Em revisão sistemática da literatura realizada por Martins et al. (2013) apontam que dos estudos analisados disponíveis na base de dados *Web of Science* entre 2010 e 2012, as técnicas de avaliação de desempenho, uso de questionários e a avaliação heurística foram as mais utilizadas para produtos e serviços baseados em tecnologias da informação e comunicação, ou seja, das categorias de observação, inquirição e inspeção. Apesar desta pesquisa se concentrar em produtos tangíveis, observa-se que tanto a predileção das categorias quanto das técnicas utilizadas se mantém a mesma.

As percepções dos pesquisadores deste artigo sobre a tipologia das técnicas de avaliação de usabilidade usadas foram diferentes entre os artigos científicos publicados em periódicos e os trabalhos técnico-científicos publicados nos eventos. Nos artigos, as informações disponíveis precisaram ser discutidas e interpretadas para que pudessem ser classificadas de acordo com as categorias estabelecidas para esta pesquisa. Já as publicações dos eventos trouxeram informações que permitiram a classificação de forma mais assertiva, inclusive o método usado nos trabalhos se repetiam em grupos de publicações.

5 Referências

ABNT. **ABNT NBR ISO 9241-11**. Ergonomia da interação humano-sistema Parte 11: Usabilidade: Definições e conceitos. 2021.

BENIN, F. M. C.; PESSA, S. R. L. Método NASA TLX: revisão sistemática da produção científica nacional no período de 2005 a 2017. In: **Anais IX Congresso de Engenharia de Produção**, 2019. Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_140906_5d92385644e9e.pdf>. Acessado em: agosto de 2022.

BIBTEX. **Your BibTex Resource**. Disponível em:<<http://www.bibtex.org/>. Acesso em: abr, 2021.

CATECATI, T.; FAUST, F. G.; ROEPKE, G. A. L.; ARAUJO, F. S.; ALBERTAZZI, D.; GARCIA RAMIREZ, A. R.; FERREIRA, M. G. G. Métodos para a avaliação da usabilidade no design de produtos. In: **DAPesquisa**, v. 6, n. 8, p. 564–581, 5 nov. 2018.

CABRAL, A. K. P. S.; SANGUINETTI, D. C. M.; AMARAL, D. S.; MARCELINO, J. F. Q.; MARTINS, L. B. Usabilidade de produtos de tecnologia assistiva para atividades de vida diária de pessoas com doença de Parkinson. In: **16º Ergodesign**, v. 3, n. 11, 2017.

CHU, C. H.; KAO, E. T. A Comparative Study of Design Evaluation with Virtual Prototypes Versus a Physical Product. In: **Applied Sciences**, v. 10, n. 14, p. 4723, 2020.

COMPTON, E. C.; AGRAWAL, S. K.; LADAK, H. M.; CHAN, S.; HOY, M.; NAKONESHNY, S. C.; SIEGEL, L. DORT, J. C.; LUI, J. T. Assessment of a virtual reality temporal bone surgical simulator: a national face and content validity study. In: **Journal of Otolaryngology**, 49, 17, 2020.

DEMAISON, A.; ANDRADE, S.; FRANCO, M.; PASCHOARELLI, L. C. Uso do método RGT (Repertory Grid Technique) como ferramenta para análise de produtos. In: **17º Ergodesign & USIHC**, v. 6, n. 6, 2019.

DENG, Y.; SHIRLEY, J.; ROSE, T.; GEARY, L.; FELTNER, D.; CHEN, K.; HOYLE, J.; DUTT, M.; KABER, D. B. A usability assessment of riding lawn-mowing equipment with varying levels of design standards compliance. In: **Applied Ergonomics**, v. 78, p. 76-85, 2019.

EFKOLIDIS, N.; HERNANDEZ, C.; TALÓN, J.; KYRATISIS, P. Promote sustainability through product design process by involving the user. In: **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 18, p. 1885-1896, 2019.

FALCÃO, C. S.; SOARES, M. M. Usabilidade de Produtos de Consumo: uma análise dos conceitos , métodos e aplicações. In: **Estudos em Design**, v. 21, n. 2, p. 01–26, 2013.

FARIAS, A.; SILVA, M.; MELO, W.; SOARES, M. Análise Ergonômica de um produto de consumo: o caso de um bebedouro de mesa tipo Gelágua. In: **16º Ergodesign**, v. 3, n. 11, 2017.

FERRARI, D. A.; PASCHOARELLI, L. C.; BONFIN, G. H. C.; SANTOS, J. E. G. Análise e mensuração da satisfação de usuários de sistemas de sustentação de roçadeiras laterais motorizadas. In: **16º Ergodesign**, v. 3, n. 11, 2017.

GIULI, M. R.; TOBARO, E. T.; TOMIATTI, M. S. Redesign de abridor de latas e garrafas sob viés ergonômico. In: **16º Ergodesign**, v. 3, n. 11, 2017.

KOCH, A.; PFANDLER, M.; STEFAN, P.; WUCHERER, P.; LARAROVICI, M.; NAVAB, N.; STUMPF, U.; SCHMIDMAIER, R.; GLASER, J.; WEIGL, M. Say, What Is on Your Mind? Surgeons' Evaluations of Realism and Usability of a Virtual Reality Vertebroplasty Simulator. In: **Surgical Innovation**, v. 26, p. 155-175, 2019.

LIMEIRA, A. J.; SILVA, G. D. A. Segurança do Produto considerações de usabilidade para garrafas térmicas de pressão. In: **17º Ergodesign & USIHC**, v. 6, n. 6, 2019.

MARTINS, A. I.; QUEIRÓS, A.; ROCHA, N. P.; SANTOS, B. S. Avaliação de Usabilidade: Uma Revisão Sistemática da Literatura. In: **Iberian Journal of Information Systems and Technologies**, n. 11, 2013.

MARQUES, A. J. S.; SANTOS, T. S.; CAMPOS, L. F. A. Análise de Usabilidade em garrafa térmica tipo rosca. In: **17º Ergodesign & USIHC**, v. 6, n. 6, 2019.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the

- PRISMA statement. In: **Journal of clinical epidemiology**, v. 62, n. 10, p. 1006–1012, 2009.
- MÜLLER, L.; SOBKOWICZ, S.; IBENTHAL, E.; BACKHAUS, C. Usability assessment of patient hoists as a purchasing guide for health facilities. In: **Current Directions in Biomedical Engineering**. n. 5, p. 141-144, 2019.
- MUNZLINGER, E.; NARCIZO, F. B.; DE QUEIROZ, J. E. R. Sistematização de revisões bibliográficas em pesquisas da área de IHC. In: **Brazilian Computer Society**, v. 5138, p. 51–54, 2012.
- NG, C. Y.; LAW, K. M. L. Investigating consumer preferences on product designs by analyzing opinions from social networks using evidential reasoning. In: **Computers & Industrial Engineering**, v. 139, 2020.
- NORMAN, D. **O design do dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.
- OLIVEIRA, R. P.; BISCHOFF, B. M. Análise Ergonômica comparativa entre três metodologias de modelagem do vestuário a partir das heurísticas de Nielsen. In: **16º Ergodesign**, v. 3, n. 11, 2017.
- PERITO, R. Z.; DEMILIS, M. P.; KOWALSKI, E. P.; REIS, A. A.; FERREIRA, M. G. G. Teste de Usabilidade da revista de moldes de costura Burdastyle. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.
- QUEIROZ, J. C.; CORREIA, W. F. M.; CAMPOS, F. F. C.; BARROS, M. L. N. Avaliação de segurança e usabilidade de andadores infantis: estudo de caso realizado em Recife-PE. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.
- RAZAK, F. H. A.; HAFIT, H.; SEDI, N.; ZUBAIDI, N. A.; HARON, H. Usability testing with children: Laboratory vs field studies. In: **International Conference on User Science and Engineering**. Anais i-USEr, 2010.
- RIZZUTO, M. A. M.; SONNE, M. W. L.; VIGNAIS, N.; KEIR, P. J. Evaluation of a virtual reality head mounted display as a tool for posture assessment in digital human modelling software. In: **Applied Ergonomics**, v. 79, p. 1-8, 2019.
- RODRIGUES, Y. W.; OKIMOTO, M. L. R. Avaliação Heurística do modelo funcional da luminária modular LED. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.
- RODRIGUES, Y. W.; OKIMOTO, M. L. R.; CARDONA, G. D. R. Análise Ergonômica do berçário e soluções para o mobiliário do professor. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.
- ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de Interação: Além da Interação Humano-Computador**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- SILVA, R. O. Q. Análise Ergonômica de um ferro de passar sem fio desenvolvido com ênfase no Design Emocional. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.
- SOARES, A. P. A. C.; MARIÑO, S. M. C.; FREITAS, S. F. Recomendações para o design de sistemas de desenvolvimento de desenhos técnicos: análise ergonômica das pranchetas para desenho nas salas de aula do IFBA/Campus Salvador. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.
- SOARES, M. M. **Metodologia de ergodesign para o design de produtos: uma abordagem centrada no humano**. São Paulo: Blucher, 2021.
- THIELEN, F. M.; GOULART, B. M. C. Melhoria na comunicação do conceito de uma embalagem a partir de teste de usabilidade e experiência do usuário. In: **16º Ergodesign**, v. 3, n. 11, 2017.

VEDAN, A. F.; JUNIOR, J. C. S.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. Desenvolvimento de descascador de legumes ergonômico voltado a usuários com restrição visual. In: **17º Ergodesign & USIHC**, v. 6, n. 6, 2019.

VEIGA, R. K.; GONTIJO, L. A. Estudo da usabilidade de comandos de um monocultivador agrícola. In: **15º Ergodesign**, v. 2, n. 1, 2015.

WANG, G. G. Definition and Review of Virtual Prototyping. In: **Journal of Computing and Information Science in Engineering**. v. 2, n. 3, p. 232-241, 2002.