

Uma Proposta de *Framework* Multimodal para Avaliação de Experiência de Usuário em Sistemas Web Interativos

Rodrigo Zacarias¹, Thiago Parracho¹, Flávio Moura², Danilo Lima²,
Suzane Santos³, Kamila Rodrigues³, Marcos Seruffo², Rodrigo Santos¹

¹Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Rio de Janeiro, RJ – Brasil

²Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém, PA – Brasil

³Universidade de São Paulo (USP)
São Carlos, SP – Brasil

{rodrigo.zacarias, thiago.parracho}@edu.unirio.br,
flavio.moura@itec.ufpa.br, danilo.teixeira@castanhal.ufpa.br,
suzanesantos@usp.br, kamila.rios@icmc.usp.br,
seruffo@ufpa.br, rps@uniriotec.br

Abstract. *Evaluating User Experience (UX) in different application domains is complex due to its multidisciplinary nature. Therefore, this study aims to identify requirements and propose a multimodal framework for evaluating UX in interactive Web systems to make it more holistic and comprehensive considering different domains. We applied a research method based on two phases: (I) the Exploratory Phase, and (II) the Framework Design Phase. We elicited 14 requirements and used them for an initial design of the multimodal framework proposal, which included guidelines, tools, and other research artifacts for evaluating UX in interactive Web systems in different domains.*

Resumo. *Avaliar a Experiência de Usuário (UX, do inglês, User eXperience) em diferentes domínios de aplicação é uma atividade complexa por seu caráter multidisciplinar. Por isso, este estudo visa identificar requisitos e apresentar uma proposta de framework multimodal para avaliação de UX em sistemas Web interativos a fim de torná-la mais abrangente, considerando diferentes domínios. Para isso, foi adotado um método de pesquisa baseado em duas fases: (I) Fase Exploratória e (II) Fase de Design do Framework. Os 14 requisitos elicitados foram utilizados para o design inicial da proposta do framework multimodal, que incluiu diretrizes, ferramentas e demais artefatos de pesquisa para a avaliação de UX em sistemas Web interativos em diferentes domínios.*

1. Introdução

Durante o projeto de desenvolvimento de software, a etapa de avaliação da solução computacional é fundamental e indispensável, pois permite identificar problemas que não foram percebidos em estágios anteriores [Martinelli et al. 2024]. Discutir sobre avaliação no contexto da Interação Humano-Computador (IHC) e de interfaces digitais leva, na maioria das vezes, ao conceito de Experiência de Usuário (UX, do inglês, *User eXperience*). Ainda que o termo UX seja bastante difundido em pesquisas na área da

Computação, ainda não há um consenso sobre a sua definição [Barbosa et al. 2021]. Para Norman e Nielsen (2006), a UX abrange todos os aspectos da interação do usuário final com a empresa, seus serviços e produtos. Um conceito mais formal, dado pela ISO 9241-210:2019 [DIS 2019], define a UX como as percepções e respostas de uma pessoa que resultam do uso de um sistema, produto ou serviço. A UX também considera aspectos pragmáticos e hedônicos, ou seja, aspectos relacionados às emoções dos usuários e também à utilização da interface física ou digital, respectivamente. Esses são alguns exemplos das diferentes perspectivas que existem sobre o termo UX [Rogers et al. 2011, Barbosa et al. 2021].

Para o desenvolvimento e a manutenção de sistemas Web interativos, o design da UX se torna um aspecto fundamental, uma vez que visa explicitamente proporcionar experiências e emoções positivas ao usuário [Rodrigues et al. 2022]. Para atingir esses objetivos, é necessário que a avaliação da UX ocorra nas fases iniciais de um projeto de desenvolvimento [Martinelli et al. 2024]. Segundo Sun et al. (2018), um sistema Web interativo é caracterizado por fornecer uma interface de usuário intuitiva por meio de um navegador comum, podendo armazenar e apresentar diferentes dados relacionados a múltiplos usuários sob demanda (e.g. portais Web, sites de notícias, sites de conteúdo multimídia etc.).

Dado que a IHC é uma área multidisciplinar que une Psicologia, Ciências Sociais e Ciência da Computação para melhorar a UX, é natural considerar que a avaliação de sistemas Web interativos possa apresentar um grau elevado de complexidade. As principais dificuldades para pesquisadores e designers são planejar e executar estudos de avaliação em diferentes domínios, devido às necessidades específicas de cada público. Esses profissionais despendem tempo significativo na preparação das atividades de avaliação para obter uma análise abrangente dos resultados [Olson e Olson 2003, Barbosa et al. 2021].

A captura multimodal da interação pode fornecer suporte à avaliação detalhada por diferentes perspectivas, utilizando variáveis como rastreamento de mouse, olho, teclado, voz e reconhecimento facial [Zacarias et al. 2022]. No entanto, ainda é necessário identificar as variáveis e artefatos necessários para desenvolver soluções multimodais que permitam uma análise mais precisa dos dados de UX monitorados, considerando que o contexto da avaliação pode ocorrer em diferentes domínios e com participação de um público diverso [Sousa e Valentim 2020]. Por isso, este estudo tem como questão de pesquisa: “*Quais são os requisitos para desenvolver um framework multimodal¹ para avaliação de UX em sistemas Web interativos a fim de torná-la mais abrangente considerando diferentes domínios?*”

O objetivo deste estudo foi identificar os requisitos e propor um *framework* multimodal para avaliação de UX em sistemas Web interativos, tornando-a mais abrangente para diferentes domínios. A pesquisa foi conduzida em duas fases: (I) Fase Exploratória e (II) Fase de Design do *Framework*. Na Fase Exploratória, realizou-se um mapeamento sistemático da literatura (MSL) e experimentos com usuários em diferentes domínios usando uma ferramenta de captura multimodal. Na Fase de Design do *Framework*, os requisi-

¹O termo *framework* é usado aqui em seu sentido mais amplo como uma estrutura composta de diretrizes, mecanismos, artefatos e sistemas usados no planejamento, na tomada de decisões de design e no desenvolvimento de software. É denominado multimodal devido aos diferentes artefatos que o compõem para permitir a realização da avaliação de UX por diferentes modos [Cambridge 2024].

tos foram levantados por meio de análise documental dos estudos anteriores, utilizando codificação aberta. Os 14 requisitos elicitados foram então usados para o design inicial do *framework* multimodal, incluindo diretrizes, ferramentas e artefatos para monitoramento e processamento dos dados de UX coletados.

Este trabalho apresenta contribuições e implicações para a pesquisa no contexto de aspectos humanos aplicados ao desenvolvimento de software. Os pesquisadores e profissionais da academia e da indústria podem encontrar neste trabalho um método para identificar requisitos para construção de soluções computacionais para avaliação de UX e uma proposta de tipos de ferramentas, métodos e diretrizes que, de forma integrada, podem contribuir para maior abrangência na captura e análise dos dados da UX, facilitando o trabalho de pesquisadores e/ou designers em diferentes domínios.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta estudos que exploram *frameworks* para avaliação de UX; a Seção 3 descreve o método de pesquisa adotado; na Seção 4, são apresentados e discutidos os requisitos levantados; na Seção 5, são listadas as limitações e as ameaças à validade das abordagens adotadas neste estudo; e, por fim, a Seção 6 discorre sobre as considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

Embora seja desafiador definir e entender UX, vários *frameworks* foram propostos para sua avaliação. No entanto, a maioria dos *frameworks* propostos na literatura são, principalmente, conceituais ou focam em contextos e domínios de aplicação específicos. Kremer e Lindermann (2015) apresentam um *framework* que integra os principais modelos teóricos para apoiar designers no entendimento, comunicação e avaliação de potenciais de UX. Os autores fornecem um sistema hierárquico, organizando o valor potencial de um sistema por meio de três níveis de design emocional: visceral, comportamental e reflexivo. Eles ressaltam a necessidade de criar diretrizes para abordar diferentes categorias no design de produto a partir das expectativas emocionais dos usuários.

Staden et al. (2017) relatam a identificação de constructos para o desenvolvimento de um *framework* para avaliar UX em sistemas de moderação on-line de exames acadêmicos. Os autores ressaltam três componentes principais que devem ser considerados para UX na moderação on-line: tipo de sistema, contexto e tipo de usuário. A partir de entrevistas, eles identificaram os constructos mais importantes que precisam ser considerados para UX nos sistemas: utilidade, usabilidade, aprendizagem, fluxo de informação, eficiência e controle do processo. Por fim, os autores destacam que ainda é necessário entender como os constructos se relacionam com os diferentes atores.

Ntoa et al. (2021) apresentam um *framework* metodológico para pesquisa, design e avaliação de UX em ambientes inteligentes. O *framework* proposto adota uma abordagem de design iterativo, sugerindo abordagens de avaliação específicas para os diferentes estágios de desenvolvimento de um ambiente, sistema ou aplicativo inteligente, por meio de métricas e métodos específicos para cada caso. Os autores destacam que uma melhoria para o *framework* seria a adição de assistentes inteligentes para sugerir o método de avaliação e as métricas mais adequadas a serem empregadas, de acordo com o status de implementação do sistema. Os autores também sugerem o uso de medições automatizadas para aumentar a objetividade das avaliações e minimizar o esforço do avaliador.

Em comparação com esses estudos, este trabalho busca propor um *framework*

que permita realizar avaliações de UX, considerando os diferentes domínios e tipos de usuário interagindo com sistemas Web interativos. O intuito é elicitare requisitos para entender quais tipos de artefatos de pesquisa devem ser integrados à proposta deste trabalho para suprir as necessidades mencionadas nesses estudos supracitados. Nesse sentido, este *framework* visa incluir mecanismos para tratar dados de interação de forma mais automatizada considerando os aspectos relacionados às emoções do usuário e suas percepções sobre utilidade, usabilidade, aprendizagem, fluxo de informação e eficiência dos sistemas avaliados. Dessa forma, espera-se que o *framework* multimodal possa fornecer ao pesquisador os materiais que permitam uma avaliação de UX mais abrangente.

3. Método de Pesquisa

Para a elaboração da proposta de um *framework* multimodal, foi adotado um método de pesquisa baseado em duas fases: (I) Fase Exploratória e (II) Fase de Design do *Framework*. A Figura 1 apresenta as etapas contidas em cada fase do método de pesquisa. Essa abordagem metodológica foi inspirada na pesquisa desenvolvida por Santos (2016), que também elicitou requisitos para sua solução a partir de estudos anteriores.

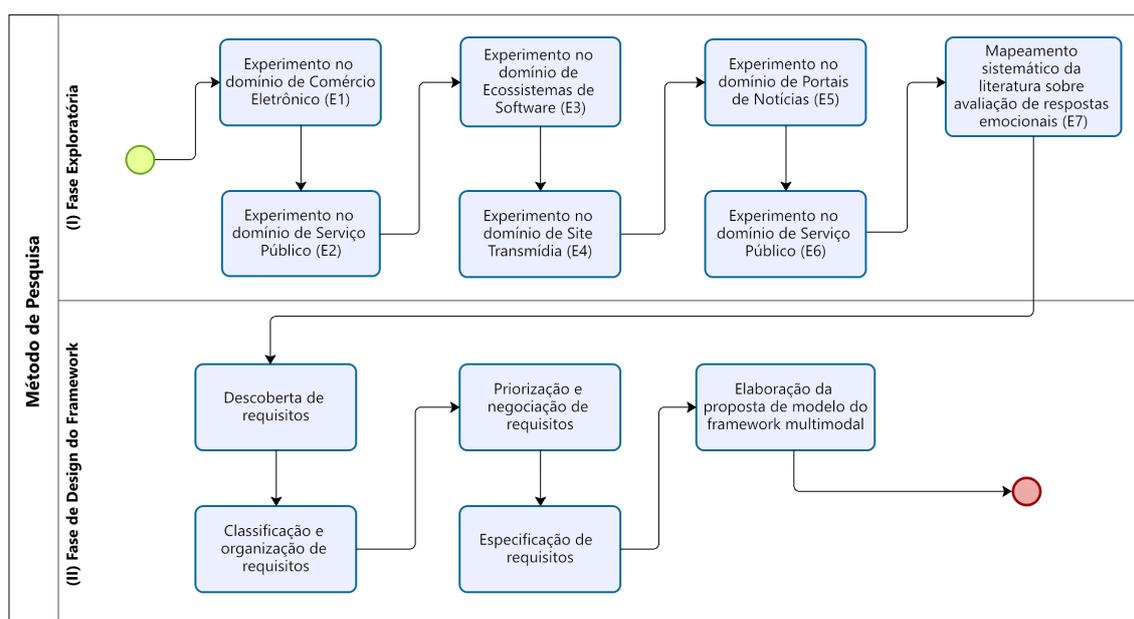


Figura 1. Etapas do método de pesquisa.

(I) Fase Exploratória. Esta fase foi constituída de sete estudos, enumerados de E1 a E7, realizados por este grupo de pesquisa entre os anos de 2018 e 2022 sobre a avaliação de UX em sistemas Web interativos. Os estudos E1 a E6 são experimentos realizados com uma ferramenta de captura multimodal, atualmente denominada UX-Tracking [Lima et al. 2022a], desenvolvida por este grupo para monitorar a interação e avaliar a UX de diferentes tipos de usuários (consumidores, leitores, cidadãos e desenvolvedores) com sistemas Web interativos de diferentes domínios. O estudo E7 se trata de um MSL sobre instrumentos para avaliar respostas emocionais em diferentes contextos. A Tabela 1 apresenta uma descrição resumida desses estudos (contendo objetivo, método de pesquisa e resultados), o domínio e o ano em que foram realizados.

Tabela 1. Estudos utilizados para a eliciação de requisitos.

ID	Descrição	Domínio	Ano
E1	O objetivo do estudo foi entender a relação entre o interesse no produto e o produto selecionado pelo consumidor em portal de comércio eletrônico. Para isso, foi realizado um experimento com rastreamento ocular usando a métrica de duração de fixação do olhar durante a execução de duas tarefas para identificar os produtos de maior interesse dos usuários no portal [Sari et al. 2018].	Comércio Eletrônico	2018
E2	O objetivo do estudo foi propor um método sistemático de avaliação de UX usando métricas obtidas a partir do rastreamento do mouse e do olhar, em combinação com técnicas de inteligência computacional. Para isso, foi realizado um estudo de caso com usuários no Website da Receita Federal do Brasil (RFB). Dentre os resultados obtidos, foi possível observar que o olhar não acompanha o mouse. O estudo mostrou que, quando o rastreamento do olhar acompanha o do mouse, o tempo de execução das tarefas tende a diminuir [Aviz et al. 2019].	Serviço Público	2019
E3	O objetivo do estudo foi utilizar uma ferramenta de captura multimodal para auxiliar na avaliação das características que contribuem para a transparência em portais de Ecossistemas de Software (ECOS). Foi realizado um experimento com desenvolvedores nos portais Android e iOS. Com a ferramenta, foi possível estabelecer os focos de atenção dos participantes durante a realização das tarefas, com a produção de mapas de calor para visualização das informações, permitindo a discussão sobre o nível de transparência dos portais [Souza et al. 2020].	Ecossistemas de Software	2020
E4	O objetivo do estudo foi identificar o caminho percorrido pelo usuário em narrativas, observando ações e frustrações durante o processo interativo. Para isso, foi realizado um estudo de caso com estudantes de jornalismo em um site transmídia. Para os dados de interações, foram coletadas interações de clique, espera e movimentação do mouse. Como resultados, foi possível identificar as páginas mais acessadas e os produtos de maior interesse dos alunos, em que foi observado um maior interesse nas páginas com conteúdos audiovisuais [Paulino et al. 2021].	Site Transmídia	2021
E5	O estudo buscou compreender a UX em portais de notícias e como se dá o consumo de informação. Foi executado um estudo de caso com um usuário leitor em cinco portais de diferentes regiões de um mesmo Estado brasileiro. O estudo se concentrou no rastreamento do mouse dos usuários, no qual foram identificados determinados pontos que precisavam de ajustes ou melhorias nos portais, bem como os pontos positivos e negativos em relação à construção e aos elementos de cada um deles [Lima et al. 2022b].	Portais de Notícias	2022
E6	O objetivo do estudo foi utilizar a ferramenta para avaliar a UX e categorizar os usuários em termos de perfis de desempenho. Para isso, foi realizado um estudo de caso com 30 usuários no Website da RFB. Como resultados, foi observado que o <i>framework</i> auxilia a avaliação de UX, já que permite, também, a identificação de perfis por meio do rastreio múltiplo de traços e os modelos de inteligência artificial [Souza et al. 2022].	Serviço Público	2022
E7	O objetivo deste estudo foi identificar instrumentos para avaliar respostas emocionais de diferentes contextos para ajudar profissionais de vários domínios a escolher artefatos adequados para suas avaliações. Para isso, foi realizado um MSL, que identificou 32 estudos os quais descrevem 18 instrumentos diferentes. Esses instrumentos são principalmente da área da Psicologia e voltados para adultos [Santos e Rodrigues 2022].	Múltiplos Domínios	2022

(II) Fase de Design do *Framework*. A partir dos resultados obtidos nos estudos anteriores, este grupo de pesquisa observou que era complexo planejar e conduzir avaliações de UX para diferentes tipos de usuários, uma vez que cada estudo exigia uma abordagem diferente para captura e análise dos resultados nos diferentes domínios. Nesse sentido, surgiu a necessidade de criar uma solução que fornecesse um conjunto de diretrizes, ferramentas e demais artefatos para facilitar a condução de estudos de UX. Assim, a partir dos estudos anteriores, foi iniciado o processo de eliciação de requisitos para a proposta de *framework* multimodal para avaliação de UX em sistemas Web interativos.

Esta fase foi constituída de cinco etapas: (i) Descoberta de requisitos; (ii) Classificação e organização de requisitos; (iii) Priorização e negociação de requisitos; (iv) Especificação de requisitos; e (v) Elaboração da proposta de modelo do *framework* multimodal. As quatro primeiras etapas foram inspiradas no processo de eliciação e análise de requisitos proposto por Sommerville (2011):

(i) *Descoberta de requisitos:* Para realizar esta etapa, foi adotada a técnica de análise documental descrita por Wieggers e Beatty (2013). Essa técnica é uma maneira de se atualizar sobre um sistema existente ou em um novo domínio. Por meio deste tipo de pesquisa, é possível elaborar alguns requisitos de antemão, reduzindo o tempo necessário

para a reunião de elicitação. O conjunto de documentos foi formado pelos estudos apresentados na Tabela 1. A análise documental foi realizada utilizando procedimentos de codificação aberta [Corbin e Strauss 2014]. Esse tipo de codificação permite que os dados sejam analisados, comparados e codificados em categorias. Assim, os métodos e os resultados de cada estudo foram analisados individualmente e selecionados alguns trechos que deram origem aos códigos que poderiam se tornar os requisitos para o *framework*;

(ii) *Classificação e organização de requisitos*: Com os códigos criados para cada trecho de texto, foram elaboradas as descrições para cada código candidato a requisito. Os potenciais requisitos do *framework* foram classificados em funcionais e não funcionais. De acordo com Sommerville (2011), os requisitos funcionais descrevem quais atividades o sistema deve executar para fornecer aos seus usuários uma funcionalidade requisitada. Os requisitos não funcionais estão relacionados a especificações técnicas que qualificam os funcionais, estipulando o quão bem o sistema deve executar as suas funções, a fim de atender às necessidades do cliente. Essa etapa foi realizada por cinco pesquisadores que atuam nas áreas de Ecossistemas de Software (ECOS), Engenharia de Software (ES), Sistemas de Informação (SI) e IHC e verificados por outros três pesquisadores doutores com experiência de pelo menos 15 anos nas mesmas áreas, até que houvesse consenso acerca das categorizações e dos requisitos;

(iii) *Priorização e negociação de requisitos*: Nesta etapa, os mesmos cinco pesquisadores organizaram o conjunto inicial de requisitos em grupos de acordo com a similaridade em sua finalidade. Em seguida, o novo conjunto de requisitos foi submetido à avaliação dos mesmos três pesquisadores doutores da etapa anterior. As divergências foram discutidas até que houvesse o consenso entre todos os pesquisadores. Ao fim, foi definido um conjunto de 14 requisitos para o *framework* multimodal;

(iv) *Especificação de requisitos*: Após a definição dos requisitos, foi realizado o procedimento de especificação. Os requisitos foram descritos seguindo o padrão de Wieggers e Beatty (2013): “O sistema deve permitir (aceitar ou autorizar) que [tipo de usuário ou nome do ator] [faça alguma coisa].” A Tabela 2 apresenta um exemplo com os campos do formulário utilizado para a codificação durante a especificação de um requisito. A especificação de todos os requisitos pode ser consultada na íntegra em <https://doi.org/10.5281/zenodo.10878937>;

Tabela 2. Formulário de codificação utilizado na especificação de requisitos.

Estudo	E1
Seção do Estudo	Método de Rastreamento Ocular
Trecho	“A atenção do consumidor será capturada em coordenadas XY e salva em dados brutos de rastreamento ocular.”
Código	Rastreio de traços do olhar
Descrição do Requisito	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize a captura de movimentos do olho durante as interações.
Classificação	Funcional

(v) *Elaboração da proposta de modelo do framework multimodal*: Nesta etapa, foi criada uma proposta de modelo para o *framework* multimodal que contemple todos os requisitos definidos nas fases anteriores. Cada elemento do modelo foi associado a um ou

mais requisitos. A versão inicial do modelo foi gerada por meio da ferramenta Figma².

4. Resultados e Discussão

A Tabela 3 apresenta os 14 requisitos (identificados de R1 ao R14) elicitados a partir da análise dos 7 estudos selecionados, por meio do método de pesquisa apresentado na Seção 3. Os trechos dos trabalhos que deram origem aos códigos para cada requisito estão disponíveis em <https://doi.org/10.5281/zenodo.10878937>.

Tabela 3. Requisitos elicitados para o *framework* a partir dos estudos da Fase I.

ID	Requisito (Código)	Descrição de Requisito	Classificação	Estudo
R1	Análise de emoções e sentimentos	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário identifique, extraia, quantifique e analise sistematicamente estados afetivos e informações subjetivas.	Funcional	E5
R2	Modelos de inteligência computacional	O <i>framework</i> deve fornecer ao usuário modelos de inteligência computacional, a fim de permitir maior automação e complexidade na avaliação de UX.	Funcional	E1, E2, E4, E5, E6
R3	Banco de dados gerenciável	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário possa acessar, organizar e alterar seus dados coletados por meio de um banco de dados gerenciável.	Funcional	E2, E5, E6
R4	Gerenciamento de dados	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize a coleta, organização e processamento dos dados de interações.	Funcional	E1, E2, E3, E5, E6
R5	Questionários de autorrelato	O <i>framework</i> deve disponibilizar ao usuário um conjunto de modelos de questionários de autorrelato que possam ser adaptados para diferentes domínios, seguindo diretrizes para avaliação de UX.	Funcional	E6, E7
R6	Rastreo de traços da fala	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize a captura de traços de interação de voz, transcrevendo o conteúdo falado.	Funcional	E5
R7	Rastreo de traços do mouse	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize a captura de traços de interações com o mouse.	Funcional	E1, E2, E4, E5, E6
R8	Rastreo de traços do olhar	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize a captura de movimentos do olho durante as interações.	Funcional	E1, E2, E3, E4, E5, E6
R9	Rastreo de traços do teclado	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize a captura de dados de entrada do teclado durante as interações.	Funcional	E2, E5, E6
R10	Relatório dos dados processados	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário gere relatórios por meio de indicadores que permitam documentar a avaliação da UX.	Funcional	E2
R11	Seleção dos traços que serão rastreados	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário selecione quais traços devem ser rastreados durante as interações.	Funcional	E2
R12	Manutenção de funcionalidades	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário realize manutenções evolutivas.	Não funcional	E2, E5, E6
R13	Software gratuito e de código aberto	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário o acesse gratuitamente para consulta, examinação, modificação e redistribuição.	Não funcional	E2, E5, E6
R14	Visualização dos dados	O <i>framework</i> deve permitir que o usuário crie gráficos para visualização dos dados processados.	Funcional	E1, E2, E3, E4, E5, E6

Com os requisitos levantados neste estudo, é possível responder à questão de pesquisa norteadora deste estudo: “*Quais são os requisitos para desenvolver um framework multimodal para avaliação de UX em sistemas Web interativos a fim de torná-la mais abrangente considerando diferentes domínios?*”. Aqui, o intuito é propor um *framework* multimodal que permita aos pesquisadores avaliarem a UX em sistemas Web interativos por diferentes perspectivas, graças à captura de diferentes fontes de dados, como o mouse, o teclado, o olhar e a voz, juntamente com os questionários de autorrelato, possibilitando uma abordagem mais abrangente na avaliação da UX ao realizar as tarefas propostas durante algum experimento. Portanto, o *framework* deverá atender a todos os requisitos encontrados, a fim de adequá-lo e personalizá-lo aos diferentes casos de uso

²<https://www.figma.com/>

para o pesquisador, considerando os tipos de usuários nos domínios analisados. Essa é uma necessidade mencionada por Staden et al. (2017).

Relacionando as diferentes variáveis que devem ser rastreadas, é possível perceber relações que podem influenciar no desempenho do usuário durante a sua interação em sistemas Web interativos. Por exemplo, no estudo E2, os autores concluíram que pessoas que navegam com o mouse e com o olhar (R7 e R8) acompanhando o mouse tendem a concluir tarefas no ambiente Web com um tempo de conclusão menor. Ou seja, a ferramenta utilizada permitiu armazenar e processar os dados de interação (R3 e R4), apresentando gráficos (R14) que demonstraram o comportamento do usuário. Como ressaltado por Kremer e Lindermann (2015) sobre a importância da avaliação das expectativas emocionais em UX, o questionário de autorrelato (R5) permite aos usuários expressarem estados afetivos durante suas interações com sistemas Web, dando maior precisão à análise do pesquisador, que pode avaliar as emoções, dificuldades, facilidades, escolhas e pensamentos dos usuários durante suas interações nos sistemas Web interativos (R1).

Nos estudos E2, E5 e E6, são utilizados modelos de inteligência computacional (R2) nas mais diversas tarefas propostas, já que a integração desses modelos aos módulos das ferramentas permitiram identificação e classificação de perfis de usuário, automação de obtenção de métricas de avaliação, rastreamento de traços da fala (R6), processamento dos dados textuais rastreados dos traços do teclado (R9) e produção de relatórios dos dados processados (R10). Portanto, a implementação de modelos de inteligência computacional permite maior abrangência e adequação na avaliação de UX aos pesquisadores, já que os pesquisadores devem poder delimitar e selecionar quais recursos do *framework* serão utilizados, de acordo com a tarefa e o ambiente avaliados (R11). Essa é uma necessidade mencionada no trabalho de Ntoa et al. (2021) para permitir uma análise com uso de métodos e métricas mais adequados aos cenários de investigação.

Com base nesses requisitos, a Figura 2 ilustra o modelo proposto para arquitetura do *framework*, que deve conter um conjunto de ferramentas integradas para a avaliação de UX, seguindo os requisitos (R1 ao R14). A arquitetura do *framework* está centrada em três artefatos principais: uma ferramenta de captura multimodal, um roteiro de avaliação e uma ferramenta de autorrelato com um conjunto de diretrizes que norteiam a avaliação de interfaces Web, considerando, inicialmente, aspectos de acessibilidade, usabilidade e transparência das informações. As ferramentas de captura multimodal e autorrelato foram desenvolvidas em projetos de pesquisas anteriores e, neste *framework*, passarão a atuar de forma integrada. O diagrama de sequência do *framework* também pode ser consultado em <https://doi.org/10.5281/zenodo.10878937>.

Para utilizar o *framework*, os usuários (pesquisadores e designers) devem efetuar o seu cadastro, para armazenar os dados coletados em um banco de dados integrado com as ferramentas (R3 e R4). Para construir o seu roteiro de avaliação de UX, o usuário poderá consultar uma relação de diretrizes relacionadas à avaliação de UX (e.g. acessibilidade, usabilidade e transparência das informações) e definir quais tarefas serão realizadas pelos participantes e quais aspectos serão avaliados. Com o roteiro de avaliação elaborado, o usuário poderá escolher entre utilizar somente a ferramenta de captura multimodal, somente a ferramenta de autorrelato ou as duas ferramentas de forma integrada.

A ferramenta de captura multimodal permitirá ao usuário escolher quais dados de

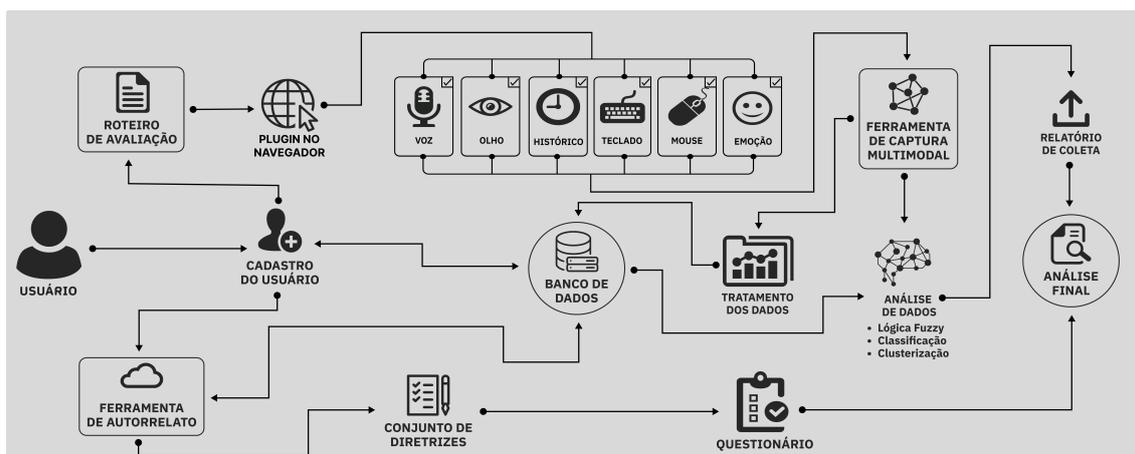


Figura 2. Modelo proposto para o framework.

interação deseja rastrear: voz, olho, histórico de navegação, teclado, mouse ou emoção expressada (R1, R6, R7, R8, R9 e R11). Opções de seleção serão fornecidas na interface da ferramenta, e deve-se solicitar permissão dos participantes para esse rastreamento. A ferramenta de coleta de dados de autorrelato permitirá que o usuário selecione diferentes tipos de questionários para avaliar respostas emocionais à solução computacional, com base na percepção dos participantes dos estudos (R5). O usuário terá acesso a diversas técnicas de análise de dados, como lógica *fuzzy*, classificação e clusterização (R2), para gerar gráficos (R14) e relatórios detalhados sobre a interação (R10), facilitando a análise final da UX na pesquisa.

Os requisitos levantados não limitam as funcionalidades do *framework*, permitindo a adição de novas técnicas e métodos de avaliação de UX no futuro (R12). A proposta também visa distribuição em código aberto e acesso gratuito, fomentando uma comunidade colaborativa para modificação, aprimoramento e manutenção (R13). Assim, o *framework* multimodal poderá auxiliar pesquisadores em diversos ambientes, fornecendo ferramentas acessíveis e facilitando o planejamento e a condução de estudos de UX com diferentes tipos de usuários. Com diversos artefatos de avaliação em um único ambiente, os protocolos dos estudos podem ser rapidamente adaptados a diferentes contextos.

5. Limitações e Ameaças à Validade

Como limitações deste estudo, foi possível identificar que, embora os estudos utilizados para o levantamento de requisitos tenham compilado resultados da teoria e prática em diferentes domínios, a visão inicial dos requisitos está relacionada ao uso das ferramentas multimodais do grupo de pesquisa. Analisar novos estudos sobre avaliação de UX, que utilizaram outras ferramentas e métodos, pode expandir o conjunto de requisitos para o *framework* idealizado.

Nesta pesquisa, procurou-se minimizar a influência das ameaças à validade interna e externa. Para reduzir os riscos de validade interna, o levantamento de requisitos seguiu as definições de Sommerville (2011). Além disso, cinco pesquisadores das áreas de ECOS, ES, SI e IHC discutiram os resultados da codificação aberta, verificados por outros três pesquisadores com mais de 15 anos de experiência nas mesmas áreas, até haver consenso. Quanto à validade externa, que se refere à generalização dos resultados,

os estudos da Fase I foram realizados em diferentes domínios reais para que os requisitos refletissem necessidades práticas da avaliação de UX com diversos públicos.

6. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo identificar os requisitos e apresentar uma proposta de *framework* multimodal para avaliação de UX em sistemas Web interativos a fim de torná-la mais abrangente considerando diferentes domínios. A pesquisa foi realizada em duas fases. A Fase I envolveu estudos do grupo de pesquisa sobre avaliação de UX em sistemas Web interativos. A Fase II consistiu no levantamento de requisitos por meio de análise documental desses estudos, utilizando codificação aberta. Os 14 requisitos elicitados foram usados para o design inicial do *framework* multimodal, que incluiu diretrizes, ferramentas e artefatos para monitoramento e processamento dos dados de UX coletados.

Os requisitos levantados permitem que o *framework* seja aplicável e personalizável para avaliação de UX em sistemas Web interativos, considerando diferentes tipos de usuários e ambientes. Dessa forma, o *framework* beneficiará os pesquisadores de UX auxiliando na avaliação de UX em diferentes domínios de forma completa e facilitada, com monitoramento de diferentes traços de interações e aspectos individuais, produção de relatórios por meio de indicadores de avaliação de UX, visualização da interação do usuário no ambiente analisado e processamento dos dados coletados com modelos de inteligência computacional de forma gratuita.

A partir disso, este trabalho apresenta contribuições e implicações para a pesquisa no contexto de aspectos humanos aplicados ao desenvolvimento de software. Os pesquisadores e profissionais da academia e da indústria podem encontrar neste trabalho um método para identificar requisitos para construção de soluções computacionais para avaliação de UX e uma proposta de *framework* com tipos de ferramentas, métodos e diretrizes que, de forma integrada, podem contribuir para maior abrangência na captura e análise dos dados da UX. Espera-se que esse conjunto de artefatos possa facilitar o trabalho de pesquisadores e/ou designers em diferentes domínios.

Como trabalhos futuros, serão desenvolvidos os módulos que irão compor o *framework* considerando os requisitos levantados, em um repositório aberto pelo grupo de pesquisa, a fim de permitir que seja manutenível, disponibilizado gratuitamente, examinável, modificável e redistribuível. Está prevista ainda a expansão do conjunto de requisitos para o *framework*, levando em consideração novos estudos, com o objetivo de aumentar o embasamento e variabilidade do levantamento de requisitos e, com isso, aumentar a robustez do *framework* proposto. Um dos requisitos que poderá ser adicionado é o suporte à coleta e análise das interações em interfaces web roláveis [Larigaldie et al. 2024]. Esse recurso permitirá a identificação de padrões de comportamento e atenção dos usuários, o que contribuirá para melhorias na usabilidade e no design das interfaces.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Proc. 88887.928989/2023-00, CNPq (Proc. 316510/2023-8), FAPERJ (Procs. E-26/210.688/2019 e 211.583/2019) e UNIRIO (PPQ 2023). Os autores também agradecem à UFPA e à USP pelo apoio.

Referências

- Aviz, I. L., Souza, K. E., Ribeiro, E., de Mello Junior, H., e Seruffo, M. C. d. R. (2019). Comparative study of user experience evaluation techniques based on mouse and gaze tracking. In *Proceedings of the 25th Brazillian symposium on multimedia and the Web*, p. 53–56, New York, NY, USA. ACM.
- Barbosa, S. D. J., Silva, B. S. d., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., e Barbosa, G. D. J. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Autopublicação.
- Cambridge (2024). Multimodal. in: Cambridge dictionary. <https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/multimodal>. Acessado: 26/03/2024.
- Corbin, J. e Strauss, A. (2014). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. SAGE Publications, New York, NY, USA, 4 edition.
- DIS, I. (2019). 9241-210: 2019. ergonomics of human system interaction-part 210: Human-centred design for interactive systems. *International Standardization Organization (ISO)*. Switzerland. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/77520.html>.
- Kremer, S. e Lindemann, U. (2015). A framework for understanding, communicating and evaluating user experience potentials. In *20th International Conference on Engineering Design (ICED15)*, p. 1–11, Milan, Italy. Politecnico di Milano, Design Society.
- Larigaldie, N., Dreneva, A., e Orquin, J. L. (2024). eyescrollr: A software method for reproducible mapping of eye-tracking data from scrollable web pages. *Behavior Research Methods*, p. 1–16.
- Lima, D. T., Moura, F. R. T., Alves, A. V. N., Parracho, T. d. M., Zacarias, R. O., Santos, R. P. d., e Seruffo, M. C. d. R. (2022a). Ux-tracking: Web and multimodal tool for user experience evaluation. In *Anais Estendidos do XXVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, p. 107–110, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Lima, D. T., Moura, F. R. T., Souza, K. E. S. d., Paulino, R. d. C. R., e Seruffo, M. C. d. R. (2022b). Rastreamento de mouse para avaliação de experiência do usuário em portais de notícias: Um estudo de caso. In Freitas, L. C. d., editor, *Collection: Applied Computer Engineering 2*, p. 74–86, Ponta Grossa, PR, Brasil. Atena Editora.
- Martinelli, S., Lopes, L., e Zaina, L. (2024). Ux research practices related to long-term ux: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 170:107431.
- Norman, D. e Nielsen, J. (2006). The definition of user experience (ux). <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>.
- Ntoa, S., Margetis, G., Antona, M., e Stephanidis, C. (2021). User experience evaluation in intelligent environments: A comprehensive framework. *Technologies*, 9(2).
- Olson, G. M. e Olson, J. S. (2003). Human-computer interaction: Psychological aspects of the human use of computing. *Annual review of psychology*, 54(1):491–516.
- Paulino, R. d. C. R., Seruffo, M. C. d. R., Empinotti, M. L., de Souza, K. E. S., e Pimenta, A. C. (2021). Análise da experiência do usuário (ux) de narrativa transmídia através de mouse-tracking. *Comunicação e Inovação*, 22(50):41–61.

- Rodrigues, M. E. M., Moura, K. H. S., Castelo Branco, K., Lelli, V., Viana, W., Andrade, R. M. C., e Santos, I. S. (2022). Medication time? a user experience evaluation of mobile applications targeting people with diabetes. In *Proceedings of the Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia '22*, p. 258–266, New York, NY, USA. ACM.
- Rogers, Y., Sharp, H., e Preece, J. (2011). *Interaction design: beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 3 edition.
- Santos, R. P. (2016). *Managing and Monitoring Software Ecosystem to Support Demand and Solution Analysis*. Tese de doutorado, COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Santos, S. S. d. e Rodrigues, K. R. d. H. (2022). A systematic mapping study of emotional response evaluation instruments. In *HCI International 2022 - Late Breaking Papers. Design, User Experience and Interaction: 24th International Conference on Human-Computer Interaction, HCII 2022, Virtual Event, June 26 – July 1, 2022, Proceedings*, p. 302–317, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.
- Sari, J. N., Nugroho, L. E., Ferdiana, R., e Santosa, P. I. (2018). Evaluation of fixation duration accuracy in determining selected product on e-commerce. In *2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, p. 146–151. IEEE.
- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de software*. Pearson Prentice Hall, Hoboken, NJ, USA, 9th edition.
- Sousa, A. e Valentim, N. (2020). Projetando a usabilidade e a experiência do usuário com a técnica uxug-ap: um estudo exploratório. In *Anais do V Workshop sobre Aspectos Sociais, Humanos e Econômicos de Software*, p. 21–30, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Souza, K. E. S. d., Aviz, I. L. d., Mello, H. D. d., Figueiredo, K., Vellasco, M. M. B. R., Costa, F. A. R., e Seruffo, M. C. d. R. (2022). An evaluation framework for user experience using eye tracking, mouse tracking, keyboard input, and artificial intelligence: A case study. v. 38, p. 41–61, Abingdon, Oxon, UK. Taylor & Francis.
- Souza, K. E. S. d., Zacarias, R. O., Seruffo, M. C. d. R., e Santos, R. P. d. (2020). T2-uxt: A tool to support transparency evaluation in software ecosystems portals. In *Proceedings of the 34th Brazilian Symposium on Software Engineering*, p. 415–420, New York, NY, USA. ACM.
- Staden, C. J. v., Biljon, J. A., e Kroeze, J. H. (2017). Using a user experience evaluation framework for emoderation. In *2017 Conference on Information Communication Technology and Society (ICTAS)*, p. 1–6. IEEE.
- Sun, F.-S., Kong, X., e Weng, Y.-H. (2018). An interactive web system for group project management and peer evaluation. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Information System and Data Mining, ICISDM '18*, p. 103–106, New York, NY, USA. ACM.
- Wiegers, K. E. e Beatty, J. (2013). *Software Requirements*. Microsoft Press, USA, 3 edition.
- Zacarias, R. O., Lima, D. T., Seruffo, M. C. d. R., e Santos, R. P. d. (2022). Perspectivas do monitoramento de experiência de usuário em diferentes domínios com ferramenta de captura multimodal. In *Anais do XIII Workshop sobre Aspectos da Interação Humano-Computador para a Web Social*, p. 48–55, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.