



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS ANTRÓPICOS NA
AMAZÔNIA**

KENNEDY EDSON SILVA DE SOUZA

Rastreamento De Experiência De Usuário Em Sistemas Interativos Web

Castanhal

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS ANTRÓPICOS NA
AMAZÔNIA**

KENNEDY EDSON SILVA DE SOUZA

Rastreamento De Experiência De Usuário Em Sistemas Interativos Web

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia. Campus Universitário de Castanhal. Universidade Federal do Pará.

Área de Concentração: Linguagens, Tecnologias e Saberes Culturais

Orientador: Prof. Dr. Marcos César da Rocha Seruffo

Coorientador: Prof. Dr. Harold Dias de Mello Jr.

Castanhal

2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

S719t Souza, Kennedy.
Título/Subtítulo: Rastreamento De Experiência De Usuário Em
Sistemas Interativos Web / Kennedy Souza. — 2021.
81 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Seruffo
Coorientador(a): Prof. Dr. Harold Dias de Mello Junior
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Castanhal, Programa de Pós-Graduação
em Estudos Antrópicos na Amazônia, Castanhal, 2021.

1. Experiência de usuário. 2. Rastreamento de interações.
3. Interdisciplinaridade. I. Título.

CDD 301

KENNEDY EDSON SILVA DE SOUZA

**RASTREAMENTO DE EXPERIÊNCIA DE USUÁRIO EM
SISTEMAS INTERATIVOS WEB**

Trabalho de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia. Campus Universitário de Castanhal. Universidade Federal do Pará.

Data da defesa: 12/11/2021

Conceito: APROVADO

Banca Examinadora

Prof. Dr. Marcos César da Rocha Seruffo

PPGEAA - UFPA

Orientador

Prof. Dr. Harold Dias de Mello Jr.

Faculdade de Engenharia - UERJ

Coorientador

Profa. Dra. Marcelle Pereira Mota

PPGCC - UFPA

Membro da Banca

Prof. Dr. Rodrigo Pereira dos Santos

PPGI - UNIRIO

Membro da Banca

Profa. Dra. Yomara Pinheiro Pires

Coordenadora do PPGEAA - UFPA

Castanhal

2021

Aos meus pais Edson e Mauricea de Souza, que são a essência do que eu sou, e a base para que eu alcance o que eu desejar; à minha esposa Merijane Souza e minha filha Mirian Neta, que me fizeram entender que um bom futuro é construído a partir da árdua dedicação no presente.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por financiar este trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcos César da Rocha Seruffo, pela oportunidade no meio científico, orientação, apoio, confiança, e empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Harold Dias de Mello Junior, pela co-orientação e apoio na elaboração e revisão deste trabalho.

À Bela. Alexandra Elbakyan, pelo empenho em tornar a ciência mais acessível.

À banca examinadora, por disponibilizar tempo e atenção para avaliar o presente trabalho.

“Failure is simply the opportunity to begin again, this time more intelligently.”
(Henry Ford)

RESUMO

O conceito de Experiência de Usuário (do inglês *User Experience* ou UX) tem sido usado para alcançar melhorias em sistemas de informação digital com base em como as pessoas os percebem. Considerando o movimento da inclusão digital e o conseqüente crescimento da necessidade de prover experiência de utilização satisfatória, a pesquisa sobre métodos de avaliação de UX se torna essencial para acompanhar as transformações tecnológicas e promover as necessárias adequações. Apesar do avanço da produção científica no campo de UX, observam-se ainda lacunas relevantes que evidenciam a necessidade do desenvolvimento de novas metodologias e ferramentas que visem de prover avaliação de UX com maior precisão, frente à demanda cada vez maior por aplicações de fácil utilização e aprendizado, resultante das transformações tecnológicas e sociais em curso. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar uma ferramenta de análise de experiência de usuário capaz de fornecer artefatos qualitativos e quantitativos, a partir da associação dos dados de rastreamento de interações e heurísticas de UX. A metodologia desenvolvida para esta pesquisa exploratória possui como pilares principais os métodos quantitativo e qualitativo, baseado em dados obtidos a partir entrevistas, questionários, além de análise de documentos e artefatos gerados, de rastreamento ocular, de *mouse*, *keylogging* e de aprendizado de máquina. Para a execução do estudo foi desenvolvida a ferramenta T2-UXT (*Tracking Techniques User eXperience Tool*), criada para executar coleta de dados de interação por entradas múltiplas de dados, a ferramenta foi avaliada em dois cenários de estudo de caso de áreas do conhecimento distintas. Para representação de dados de interação, foram desenvolvidas duas opções gráficas de visualização, além de tabela de análise de métricas e integração com algoritmos externos, o que permitiu análises mais detalhadas utilizando Inteligência Artificial. A partir disso verificou-se que a T2-UXT é capaz de auxiliar na avaliação de UX através dos artefatos que podem ser utilizados como referência para modificações e customizações em interfaces gráficas.

Palavras-chave: Experiência de usuário. Rastreamento de interações. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

The concept of User Experience (UX) has been used to achieve improvements in digital information systems based on how people perceive them. Considering the digital inclusion movement and the consequent growth in the need to provide a satisfactory user experience, research on UX assessment methods becomes essential to keep up with technological changes and promote the necessary adjustments. Despite the advancement of scientific production in the field of UX, there are still relevant gaps that highlight the need to develop new methodologies and tools that aim to provide more accurate UX assessment, given the growing demand for user-friendly applications and learning, resulting from ongoing technological and social transformations. In this context, the present work aims to develop and evaluate a user experience analysis tool capable of providing qualitative and quantitative artifacts, based on the association of interaction tracking data and UX heuristics. The methodology developed for this exploratory research has as main pillars the quantitative and qualitative methods, based on data obtained from interviews, questionnaires, in addition to the analysis of generated documents and artifacts, eye tracking, mouse, keylogging and machine learning. For the execution of the study, the T2-UXT tool (Tracking Techniques User eXperience Tool) was developed, created to perform interaction data collection by multiple data entries, the tool was evaluated in two case study scenarios. distinct areas of knowledge. For the representation of interaction data, two graphic visualization options were developed, in addition to a metrics analysis table and integration with external algorithms, which allowed for more detailed analysis using Artificial Intelligence. From this it was verified that the T2-UXT is able to assist in the evaluation of UX through artifacts that can be used as a reference for modifications and customizations in graphical interfaces.

Keywords: User experience. Interaction tracking. Interdisciplinarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Vantagens da utilização de questionários.	24
Quadro 2 – Desvantagens da utilização de questionários.	25
Figura 1 – Linha do tempo das heurísticas UX.	30
Figura 2 – Gráfico de números de usuários de navegadores de Internet	32
Figura 3 – Metodologia desenvolvida	39
Figura 4 – Arquitetura detalhada da T2-UXT	42
Figura 5 – Interfaces gráficas da T2-UXT	43
Figura 6 – Página principal do DeBairrosSomos.	48
Figura 7 – Página principal da Receita Federal do Brazil.	51
Figura 8 – Mapa de calor que representa as categorias Clique e Movimentação na página inicial.	55
Figura 9 – Mapa de calor que representa as categorias Clique, Espera e Rolagem na página Séries.	56
Figura 10 – Zonas de calor indica clube mais acessado entre as opções disponíveis na categoria Clique.	57
Figura 11 – Zonas de calor de Jogos para a categoria Movimentação.	57
Figura 12 – Zonas de calor de Figuritas.	58
Figura 13 – Rastreamento visual do mapa de calor (a) perfil 1 (b) perfil 2	59
Figura 14 – Mapa de calor de rastreamento do <i>mouse</i> (a) perfil 1 (b) perfil 2	60
Figura 15 – Resultados SUS	60
Figura 16 – Captura de tela durante utilização do submódulo de análise de métricas.	61
Figura 17 – Comparação entre website da RFB à época da realização do estudo e Modelo customizado do Website da RFB. (A e B) - Página inicial; (C e D) - Página de pesquisa	64
Figura 18 – (A) Comparação entre website da RFB à época da realização do estudo - (B) Website da RFB após implementação de alterações.	64
Figura 19 – (Linha cronológica apresentando todos os trabalhos publicados durante o período do mestrado.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das variáveis	44
Tabela 2 – Protocolo de testes	52
Tabela 3 – Variáveis monitoradas pela T2-UXT.	53
Tabela 4 – Relação de tarefas e heurísticas de UX	54
Tabela 5 – Pontuação F1 mais alta para cada um dos três classificadores	62
Tabela 6 – Resultados dos testes.	63
Tabela 7 – Matriz de confusão	63
Tabela 8 – Resumo de apontamentos do primeiro especialista.	66
Tabela 9 – Resumo de apontamentos do segundo especialista.	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIMT-UXT	Artificial Intelligence and Mouse-Tracking User eXperience Tool
ANN	Artificial Neural Networks
ASI	Avaliação de Sistema de Informação
CSS	Cascading Style Sheets
DT	Decision Tree
ECOS	Ecosistema de Software
FTP	File Transfer Protocol
HTML	HyperText Markup Language
HTTPS	HyperText Transfer Protocol Over Secure Socket Layer
IHC	Interação Humano-Computador
ISO	International Standardization Organization
JSON	JavaScript Object Notation
PHP	PHP: Hypertext Processor
SVM	Support Vector Machine
T2-UXT	Tracking Techniques User eXperience Tool
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
URL	Uniform Resource Locator
UX	User eXperience
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1	Introdução	23
1.1	Problema	24
1.2	Itinerância do Pesquisador	26
1.3	Objetivo Geral	26
1.4	Objetivos Específicos	26
1.5	Organização	27
2	Revisão Teórica	29
2.1	Experiência de Usuário	29
2.2	Navegador de Internet	31
2.3	Técnicas de rastreamento de interações	32
2.4	Escala de usabilidade de sistema	33
2.5	Aprendizado de máquina	34
2.5.1	Árvores de Decisão (DT)	36
2.5.2	Redes Neurais Artificiais (ANN)	36
2.5.3	Máquina de vetores de suporte (SVM)	36
3	Metodologia	39
3.1	Percepção do problema e definição	39
3.2	Análise teórica	40
3.3	Preparação do plano de pesquisa	40
3.4	Implementação da solução	40
3.4.1	Módulo Cliente	41
3.4.2	Módulo de Armazenamento	41
3.4.3	Módulo de geração de artefatos	42
3.4.3.1	Artefatos nativos	43
3.4.3.2	Extensões	44
3.5	Avaliação da solução	45
4	Estudos de caso	47
4.1	Cenário 1 - Site Transmídia	47
4.1.1	Contextualização	47
4.1.2	Metodologia aplicada	49
4.2	Cenário 2 - Site da Receita Federal do Brasil	50
4.2.1	Contextualização	50
4.2.2	Metodologia aplicada	51
4.2.2.1	Variáveis	52
4.2.2.2	Tarefas	52
5	Apresentação e discussão dos artefatos gerados	55
5.1	Cenário 1	55

5.1.1	Mapas de calor	55
5.2	Cenário 2	57
5.2.1	Mapa de calor	58
5.2.2	Resultados do Questionário SUS	58
5.2.3	Tabela de análise de métricas	59
5.2.4	Classificação por modelo de inteligência artificial	60
5.2.5	Customização de interfaces	63
6	Avaliação de especialistas	65
6.1	Primeiro especialista	65
6.2	Segundo especialista	66
6.3	Terceiro especialista	67
6.4	Avaliação geral	67
7	Considerações Finais	69
7.1	Dificuldades e limitações encontradas	70
7.2	Desdobramentos da dissertação	70
7.3	Trabalhos futuros	73
	Referências	75

1 INTRODUÇÃO

Segundo o padrão ISO 9241-210 (ISO, 2018), a experiência de usuário (UX - *User eXperience*) consiste em um conjunto de emoções, crenças, preferências, percepções, respostas físicas e psicológicas dos usuários, além de comportamentos e realizações que ocorrem antes, durante e depois da interação de um usuário com um produto ou serviço. Dessa forma, a UX constitui a representação direta do fator humano no contexto do desenvolvimento de produtos e serviços digitais.

O Brasil possui atualmente 190 milhões de computadores, além de 234 milhões de *smartphones* e *tablets*, totalizando 424 milhões de dispositivos digitais ativos. Tais números colocam o Brasil acima da média mundial de dispositivos por habitante, com média de dois dispositivos *per capita* (MEIRELLES, 2020). Paralelamente, o conceito de UX tem se tornado cada vez mais relevante no âmbito do desenvolvimento de interfaces de sistemas, acompanhando o crescimento da informatização no país.

Considerando o movimento da inclusão digital e o conseqüente crescimento da necessidade de prover experiência de utilização satisfatória, a pesquisa sobre métodos de avaliação de UX se torna essencial para acompanhar as transformações tecnológicas e promover as necessárias adequações. A avaliação de sistemas de informação é um tema de interesse recorrente de todas as áreas do conhecimento que se preocupam com o atendimento das necessidades dos usuários (MAIA; BARBOSA, 2020).

A avaliação da UX se refere a uma coleção de métodos, habilidades e ferramentas utilizadas para descobrir como uma pessoa percebe um sistema (produto, serviço, item não comercial ou uma combinação deles) antes, durante e depois de interagir com ele. Não é trivial avaliar a UX, uma vez que a mesma pode ser subjetiva, dependente do contexto e dinâmica ao longo do tempo (LAW et al., 2009).

A UX se manifesta como qualidade no design, na interação e no valor, com diversas medidas e muitos métodos e instrumentos de avaliação. Um dos desafios relacionados a UX é como selecionar medidas adequadas para abordar as particularidades de um contexto de avaliação (LAW; SCHAİK, 2010). Segundo Tanjim-Al-Akib et al. (2016), tais métodos se dividem em dois grandes grupos de obtenção de retorno do usuário: explícito e implícito.

No método explícito, o retorno ocorre a partir de um meio em que o usuário ativamente informa a percepção acerca da experiência dele (CLAYPOOL et al., 2001) como, por exemplo, através de um questionário. Por outro lado, no método implícito, os usuários não estão cientes de que estão fornecendo dados para avaliação. Por exemplo, a captação do movimento de rolagem do *mouse* do usuário e o tempo gasto nos conteúdos podem ser indicadores dos interesses do usuário (CHAN, 1999; CLAYPOOL et al., 2001).

1.1 Problema

É fato que nem sempre as pessoas usam as tecnologias como foram planejadas pelos designers. Esta situação tem sido observada pela área de Interação Humano-Computador (IHC) desde a década de 80 (DERBOVEN; GEERTS; GROOFF, 2016).

Especificamente na avaliação de UX, é notória a dificuldade de classificar com precisão a experiência de usuário. Hassenzahl e Tractinsky (2006) afirmam que uma investigação importante é entender como uma UX ou experiência de interação "positiva" com artefatos digitais (por exemplo, sites, mundos virtuais e assistentes pessoais digitais) pode ser realizada, tal qual é feita nesta dissertação.

Cardieri e Zaina (2018), Marques et al. (2018) e Nakamura et al. (2017) apresentam resultados divergentes, nos quais identificam usuários que tiveram muitas dificuldades durante suas interações com um determinado produto, porém, ainda assim o avaliaram positivamente. A ocorrência desta situação pode sugerir a presença de fatores não observados, exercendo influência na percepção sobre a UX (NAKAMURA; OLIVEIRA; CONTE, 2019) como, por exemplo, a lacuna memória-experiência definida como:

"(...) uma discrepância entre a média das emoções vivenciadas e a avaliação geral da experiência, que geralmente é mais intensa do que a média das emoções". (MIRON-SHATZ; STONE; KAHNEMAN, 2009)

Segundo o apontamento de Kujala e Miron-Shatz (2015) e Soleimani e Law (2017), os usuários tendem a superestimar suas experiências ao avaliar retrospectivamente um conjunto de experiências.

Uma forma bastante utilizada para obtenção do *feedback* do usuário para avaliação de UX são os questionários. Apesar da ampla utilização de questionários, a sua utilização exclusiva pode representar limitação à variedade de dados disponíveis no estudo. Segundo Gillham (2008), apesar de possuírem vantagens como baixo custo e facilidade de obtenção, esta forma de coleta de dados possui problemas, tais como o risco das respostas serem fornecidas de modo incompleto ou com imprecisão, conforme apresentado nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Vantagens da utilização de questionários.

Vantagens
Facilidade para obter informações de muitas pessoas rapidamente.
Os respondentes podem preencher o questionário quando lhes for conveniente.
A análise das respostas às perguntas objetivas pode ser realizada com relativa facilidade.
Menos pressão para uma resposta imediata.
Anonimato dos entrevistados.
Isenção do entrevistador em razão da existência de diversos modelos padronizados.

Fonte: Adaptado de Gillham (2008)

Quadro 2 – Desvantagens da utilização de questionários.

Limitações
Baixa precisão e incompletude nas respostas.
Problemas para motivar os entrevistados.
Perguntas objetivas dificultam avaliações mais detalhadas e subjetivas.
Risco de mal-entendidos na interpretação das questões.
Em geral, questionários não possuem uma ampla gama de obtenção de dados.
Em geral limitam-se a buscar informação unicamente por meio de perguntas.
Nem sempre os entrevistados fornecem respostas de forma organizada.
Falta de controle sobre a ordem e o contexto de responder às perguntas.
A formulação das perguntas pode ter um efeito importante nas respostas.
Geralmente a escrita não é a forma pela qual pessoas se expressam mais facilmente.
Impossível verificar a seriedade ou honestidade das respostas.
Inibição do respondente pela incerteza quanto ao que acontece com os dados.

Fonte: Adaptado de Gillham (2008)

Por outro lado, existem diversas ferramentas disponíveis no mercado que permitem utilizar recursos similares ao proposto nesta dissertação. Destacam-se entre estas ferramentas:

- *CrazyEgg*¹ – fornece os recursos de rastreamento de cliques e movimentações do *mouse* e rolagens de tela, geração de mapa de calor e reprodução de sessão.
- *MouseFlow*² – também fornece rastreamento de cliques e movimentos do *mouse* e rolagens de tela. Esta ferramenta apresenta um painel interativo que mostra como os usuários interagem com sites, podendo filtrar sessões para identificar frustrações, erros e problemas de compatibilidade.
- *HotJar*³ – criada para profissionais de marketing, gerentes de produto e designers de UX. Esta ferramenta ajuda a analisar dados de tráfego em sistemas interativos, gerando mapas de calor, filtros, *feedback* instantâneo, gravações das sessões e relatórios diversos.

Todavia, além dos encargos financeiros pela utilização, estas ferramentas possuem outros contrapontos, tais como: o método de implementação dependente de acesso administrativo às aplicações que se pretende avaliar; e a restrição do acesso ao código fonte, característica que restringe o aprofundamento das investigações. Por outro lado, as ferramentas não-proprietárias, em sua maioria *freeware*⁴, apresentam limitações técnicas, como a necessidade de aquisição de equipamento específico e estreita gama de web sites testáveis, o que reduz de modo significativo o escopo de aplicações que podem ser avaliadas.

¹ <https://www.crazyegg.com>

² <https://mouseflow.com>

³ <https://www.hotjar.com/>

⁴ Freeware é um software, na maioria das vezes proprietário, que é distribuído sem custo monetário para o usuário final (GRAHAM, 1999).

Diante das limitações das ferramentas existentes, caracteriza-se uma lacuna na literatura e no mercado. Isso evidencia a necessidade da investigação sobre métodos de obtenção de retorno do usuário no contexto de avaliação de UX, capazes de ajudar na resolução da dificuldade de se avaliar a UX e reduzindo a imprecisão de métodos baseados em questionários.

1.2 Itinerância do Pesquisador

O presente trabalho constitui a efetiva continuação da trajetória acadêmica do autor, iniciada ainda em projeto de iniciação científica durante sua graduação. Durante todo período de 2016 até a presente momento produzindo trabalhos voltados à área de desenvolvimento de sistemas e Experiência de Usuário, torna-se aprazível consolidar por meio de um trabalho de dissertação, uma contribuição na área de experiência de usuário, considerando a utilização conjunta de técnicas para o estabelecimento de correlações entre o *feedback* implícito do usuário e a avaliação de UX.

É importante ressaltar o vínculo profissional do autor em relação ao tema, tendo em vista que este é desenvolvedor de software e, portanto, vivencia diariamente a necessidade de métodos eficientes de avaliação de UX. Além disso, a metodologia desenvolvida poderá fornecer indícios para nortear os esforços de desenvolvimento com vistas à satisfação dos usuários. A partir da revisão teórica apresentada no Capítulo 2, identifica-se a ausência de trabalhos que realizem a geração de dados quantitativos a partir de dados implícitos de interação, considerando heurísticas de UX. Esta lacuna acadêmica também motivou este trabalho.

1.3 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um conjunto de métodos de avaliação e análise de experiência de usuário a partir da associação dos dados de rastreamento de interações e heurísticas de UX.

1.4 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos se pretende:

1. *Integrar métodos de múltiplas entradas de dados de interação: rastreamento de mouse, olhar, teclado e histórico de navegação* – as ferramentas existentes de rastreamento de interações não utilizam mais de uma técnica, motivando o desenvolvimento de uma capaz de agregar variadas técnicas de rastreamento e, desse modo, tornar mais célere a etapa de captura de dados.

2. *Abranger método de captura baseado em tecnologias Web* – Frente à ascensão dos sistemas baseados em Web, observa-se necessário o desenvolvimento de métodos de captura de dados de interação compatíveis com as tecnologias Web mais utilizadas no desenvolvimento de sistemas.
3. *Gerar artefatos para análise qualitativa* – de forma a garantir a equiparação da ferramenta desenvolvida a seus pares no mercado, para criação de registros do cenário de utilização de forma geral, tais como: mapas de calor e ambientes de reprodução de sessão.
4. *Permitir geração de artefatos para análise quantitativa* – em razão da necessidade de prover uma ferramenta de aplicação genérica demanda a geração de saídas que permitam a utilização ampla dos dados em diferentes modelos para identificar padrões de comportamento dos usuários.
5. *Produzir artefatos com algoritmos de classificação baseados em inteligência artificial* – com o objetivo de obter diferentes *insights* para avaliar a UX, a metodologia desenvolvida também permite a aplicação dos dados fornecidos pelos artefatos qualitativos em modelos de inteligência artificial.

1.5 Organização

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica acerca dos principais tópicos abordados e trabalhos relacionados à essa dissertação.
- O Capítulo 3 descreve a metodologia empregada nesse trabalho, além da ferramenta desenvolvida.
- O Capítulo 4 apresenta os estudos de caso nos quais foram aplicados a ferramenta resultante deste trabalho.
- O Capítulo 5 traz os artefatos gerados através da ferramenta desenvolvida, em cada um dos estudos de caso.
- O Capítulo 6 descreve a avaliação realizada por especialistas de áreas diversas sobre a ferramenta desenvolvida.
- O Capítulo 7 apresenta discussões sobre os resultados resultados obtidos e aponta direções para trabalhos futuros.

2 REVISÃO TEÓRICA

A UX é um campo de estudo que ainda está em definição, porém está em constante crescimento. Seu escopo abrange as relações entre usuário e interface em diversas aplicações, *e.g.* sistemas interativos baseados em Web – o foco deste trabalho. A partir disso, este capítulo apresentará os principais conceitos abordados no trabalho e também uma revisão bibliográfica sobre trabalhos relacionados.

2.1 Experiência de Usuário

A avaliação da UX vêm sendo realizada por meio de diferentes técnicas e metodologias, como *smart-wearables* (PAL et al., 2019), jogos para celular (YU et al., 2018), expressões faciais (MUNIM et al., 2017), olhar e rastreamento de *mouse* (PENG; LIAO, 2016), questionários (SCHREPP; HINDERKS; THOMASCHEWSKI, 2014) e outros. Os métodos de avaliação de UX são fatores-chave para garantir que o desenvolvimento de bens e serviços esteja progredindo na direção certa para atender os requisitos dos usuários (RAJESHKUMAR; OMAR; MAHMUD, 2013).

É importante destacar que usabilidade e UX **não** são conceitos equivalentes. Uma possível distinção pode ser feita entre métodos de usabilidade, que visam melhorar o desempenho humano, e métodos de U, que visam melhorar a satisfação do usuário através do alcance de objetivos pragmáticos e hedônicos (BEVAN, 1995).

Anteriormente, Logan (1994) já havia dividido a definição de usabilidade em dois tipos: usabilidade comportamental e emocional. Usabilidade comportamental é aquela que trata da eficácia e eficiência de um produto. Enquanto a usabilidade emocional se refere ao grau em que um produto é desejável ou atende a uma necessidade, além do objetivo funcional.

Posteriormente, com o objetivo de estabelecer elementos sólidos para a definição de UX, uma corrente de estudos, com origem em Nielsen e Molich (1990), apresentou uma abordagem baseada na definição de princípios a serem considerados no desenvolvimento de produtos e serviços: as heurísticas de UX.

Heurística é uma abordagem para resolução de problemas que emprega um método prático suficiente para atingir um objetivo, conforme conceitua Myers (2010). Na UX, a heurística define os princípios de design com o objetivo de melhorar a satisfação e a experiência do usuário, consequentemente aumentando as chances de sucesso de um produto.

Renzi (2017) apresentou uma comparação de heurísticas com diferentes enfoques e necessidades, considerando Nielsen e Molich (1990), Apted, Collins e Kay (2009), Inostroza et al. (2012), Neto e Campos (2014), Resmini e Rosati (2011), além das 9 heurísticas propostas pelo autor. Bader, Schön e Thomaschewski (2017) analisam o estado atual da avaliação heurística

para medir a UX, considerando Nielsen e Molich (1990), Shneiderman (1997), Väänänen-Vainio-Mattila e Wäljas (2009), Kientz et al. (2010), Inostroza et al. (2012) e Arhipainen (2013).

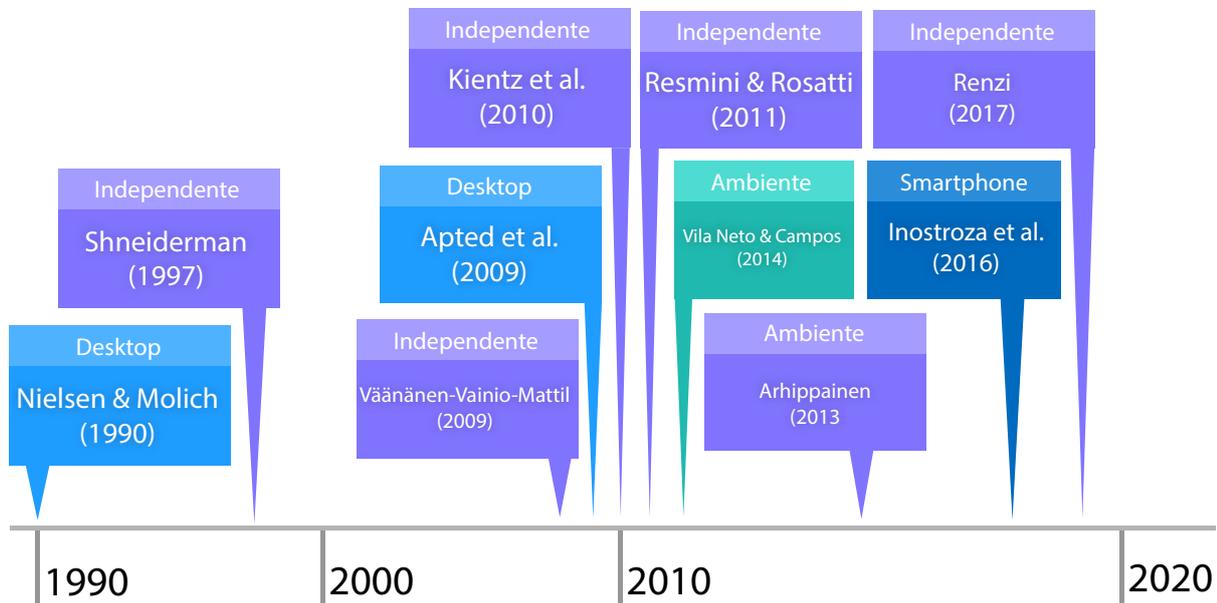


Figura 1 – Linha do tempo das heurísticas UX.

Fonte: Adaptado de Renzi (2017) e Bader, Schön e Thomaschewski (2017).

A Figura 1 mostra a linha do tempo das proposições heurísticas de UX ao longo dos anos, considerando as referências citadas por Renzi (2017) e Bader, Schön e Thomaschewski (2017). Cada elemento mostra o contexto de hardware considerado, os nomes dos autores e o ano de publicação. Destacam-se as heurísticas UX (RENZI, 2017):

1. **Place-making** - Ao usuário deve ser fácil identificar a sua própria localização no sistema;
2. **Consistência** - O sistema deve apresentar consistência visual, tipográfica, de informação, ação e interação;
3. **Resiliência** - O fluxo de interação e os pontos de interação devem adequar a diferentes usuários, diferentes estratégias de jornada e diferentes contextos de uso;
4. **Redução** - Opções e conteúdos devem ser apresentados aos usuários de forma objetiva e amigável, ainda que o sistema em questão tenha um alto nível de complexidade.
5. **Correlação** - As peças de informação, produtos e serviços que compõem a interface devem apresentar correlação relevante que ajude o usuário a alcançar seus objetivos;
6. **Equivalência às convenções culturais** - O desenvolvimento do sistema deve levar em consideração as referências dos usuários em relação à tecnologia, processos, compreensão de funcionalidade e interações, de forma que se sintam familiarizados;

7. **Conteúdo visual intuitivo** - O usuário deve reconhecer funcionalidades, hierarquia, caminhos e informações com carga mínima de memória, tornando os objetos, ações e opções fáceis de reconhecer e compreender;
8. **Interações naturais, intuitivas e diretas** - Qualquer ponto de interação com o sistema deve ser o mais intuitivo possível, por manipulação gestual direta ou comandos vocais simples e objetivos;
9. **Ergonomia contextual** - Ambientes físicos, contextos de uso dentro da jornada de experiência e limitações físicas humanas devem ser considerados ao projetar pontos de interação com o sistema.

A utilização de heurísticas na avaliação de UX representa um referencial teórico importante ao determinar critérios claros a serem observados no método de asserção de UX. Isto posto, as heurísticas citadas foram consideradas para o desenvolvimento desta proposta.

2.2 Navegador de Internet

Em face do processo acelerado de inclusão digital, com a explosão de desenvolvimento de aplicações, identificou-se a necessidade de realizar um estudo direcionado a interface gráficas de usuário baseadas em páginas Web, visualizadas por meio de um navegador de Internet.

Desde o início comercial da Internet, na década de 1990, alguns navegadores foram lançados. Segundo o site *Statcounter* (2021), o navegador *Google Chrome* segue ininterruptamente desde outubro de 2011 em 1º lugar em números de usuários em computadores *desktop* no Brasil, alcançando uma base de 80,13% em janeiro de 2021.

A Figura 2 mostra as curvas de crescimento para os cinco navegadores de Internet mais usados no período de outubro de 2011 a janeiro de 2021. O gráfico demonstra o nível de compartilhamento de mercado para cada navegador considerado na análise. A partir disso, é possível observar o largo domínio do navegador *Google Chrome*.

Diante da demanda para desenvolver uma ferramenta capaz de capturar dados de interação em páginas Web, as extensões de navegador constituem parte da solução, pois permitem que sejam efetuadas as modificações necessárias no lado cliente para viabilizar coleta.

As extensões, que são módulos de software destinados à personalização do navegador, possibilitam modificações na interface do usuário, bloqueio de anúncios e gerenciamento de *cookies*, entre outros recursos (MDN, 2020). A grosso modo, extensões permitem que o comportamento do navegador, ao exibir conteúdos, seja modificado, por meio da incorporação de software externo à página, em tempo de execução. Dessa forma, a tecnologia de extensão de navegadores foi escolhida neste trabalho para a realização de coleta de dados de interação na ferramenta T2-UXT.

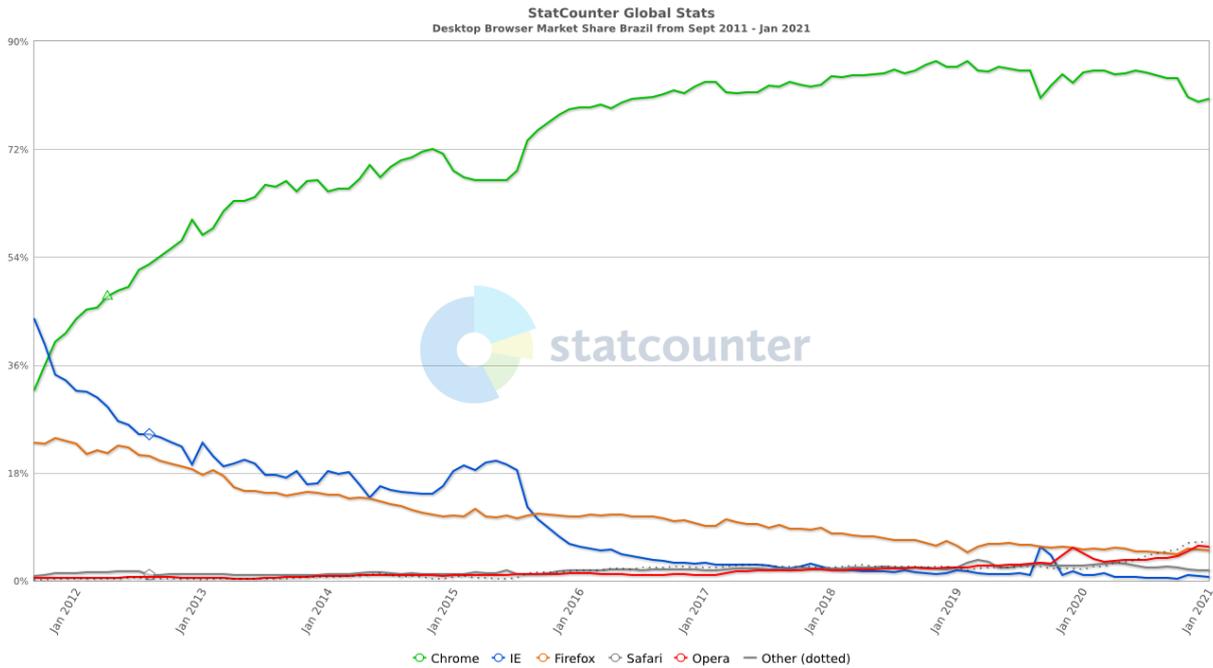


Figura 2 – Gráfico de números de usuários de navegadores de Internet

Fonte: Statcounter.com (2021).

Considerando a liderança com larga vantagem do navegador *Google Chrome* sobre outros navegadores, visando garantir maior compatibilidade técnica e familiaridade por parte dos usuários, este foi selecionado para servir como plataforma para a coleta de dados neste trabalho.

2.3 Técnicas de rastreamento de interações

Diversas formas de analisar a subjetividade das interações podem ser aplicadas, e dessas o presente trabalho aborda rastreamento ocular e rastreamento de *mouse*. Outras formas de entradas de dados também podem ser implementadas como complemento às primeiras, como por exemplo o registro de histórico de navegação e o registro de entradas de teclado (*keylogging*).

Em relação às técnicas de rastreamento ocular, Sari et al. (2018) propõem um estudo que considera o tempo de fixação, o tempo antes da fixação e o número de fixações dos pontos de vista como fatores para calcular a probabilidade de um produto que será comprado. Os autores aplicaram o rastreamento ocular seguido de um questionário para determinar a relação entre o interesse do consumidor nos produtos e a gama de produtos selecionados.

Zhang et al. (2018) apresentam uma ferramenta que mede o tempo de fixação do usuário em áreas dinâmicas de interesse (*Areas of Interests - AoI*) por meio de vídeos usando rastreamento ocular. Isso envolve o uso de uma câmera com um scanner de íris e um monitor que exhibe o vídeo. No final do vídeo, uma porcentagem do tempo de fixação do olhar pode ser obtida para cada AoI, que pode ser marcada manualmente ou identificada automaticamente.

Com relação ao rastreamento do movimento do *mouse* e dos olhos, Aviz et al. (2019b) apresentam um estudo de caso no qual compararam os dados de rastreamento do *mouse* com as interações do olhar do usuário para determinar se os movimentos dos olhos seguem fielmente o cursor do *mouse* em uma página da web. Mapas de calor foram criados para determinar se os movimentos dos olhos seguem o rastreamento do *mouse*. Os resultados mostram que, quando o rastreamento ocular segue a navegação do *mouse* (comportamento dinâmico), o tempo de execução da tarefa tende a ser menor e, dependendo dos hábitos de navegação do usuário, esse rastreamento entre o *mouse* e os olhos pode ser mais latente. Assim, os usuários com hábitos de navegação dinâmica tendem a seguir o *mouse* com o olhar, enquanto os usuários com hábitos estáticos mantêm o *mouse* parado e usam o olhar para examinar a tela.

O monitoramento do *mouse* e do teclado pode fornecer uma visão mais completa da experiência do usuário sob alta carga cognitiva, como na tomada de decisões e na execução de tarefas. Katerina e Nicolaos (2018) conduzem um estudo exploratório para investigar a correlação potencial entre os padrões de comportamento do *mouse* ou a dinâmica do toque de tecla e um conjunto de atributos comportamentais de Desenvolvimento do Usuário Final (*End-User Development - EUD*). Um teste de campo foi conduzido envolvendo 30 usuários interagindo com uma ferramenta EUD moderna baseada na web para construir formulários web simples. Os resultados mostram que as métricas de padrão do *mouse*, como movimentos aleatórios e retos, flutuação do *mouse*, etc., podem ser combinadas com facilidade de uso ou utilidade percebida, autoeficácia, vontade de aprender ou consciência de risco. Várias dinâmicas principais, como velocidade e tempo de parada, podem ser combinadas com facilidade de uso ou autoeficácia percebida.

Jiang et al. (2020) trazem um estudo sobre o desempenho de diferentes tipos de *layouts* de teclado que são projetados especificamente para uma interface com dispositivos de toque. O objetivo é entender as estratégias de movimento em uma entrada de teclado móvel. As estratégias de movimento surgiram em resposta à necessidade de compartilhar a atenção visual: atenção é necessária para orientar os movimentos dos dedos e detectar erros de digitação.

Considerando os trabalhos correlatos sobre técnicas de rastreamento, o diferencial desta proposta é combinar o rastreamento ocular, *mouse* e entrada do teclado, a partir da coleta de dados realizada por uma única ferramenta. A mesma ferramenta também é capaz de gerar mais artefatos visuais e quantitativos, gerando informações que podem ser utilizadas como referência para a customização manual da interface do sistema avaliado.

2.4 Escala de usabilidade de sistema

Em razão da necessidade da existência de uma referência de *feedback* explícito para o desenvolvimento de ferramentas e técnicas baseadas em *feedback* implícito, observa-se a necessidade da aplicação de uma ferramenta de coleta de dados por questionário, atrelada a uma

metodologia capaz de transcrever em dado quantitativo as respostas fornecidas pelos usuários. Para tanto, uma opção viável a escala de usabilidade de sistema (*System Usability Scale* - SUS) (BROOKE et al., 1996).

Baseado no modelo de Likert (1932), que define uma escala que emerge das respostas coletivas a um conjunto de itens e o formato no qual as respostas são pontuadas ao longo de um questionário, a SUS constitui-se de um questionário de 10 afirmações relacionadas a aspectos de usabilidade, alternadas entre positivas e negativas, ordem essa definida com o objetivo de aumentar a atenção do usuário a cada declaração (BROOKE, 2013). Ao fim do preenchimento o resultado é calculado a partir do seguinte método:

1. Para as respostas de índice ímpar, subtrai-se 1 da pontuação dada pelo usuário.
2. Para as respostas de índice par, subtrai-se o valor da resposta de 5.
3. Soma-se os valores das dez perguntas, e multiplica-se por 2,5.
4. A pontuação final se localiza no intervalo de 0 a 100, onde 0 corresponde a uma experiência de uso ruim e 100 a uma boa experiência de uso.

O método é representado matematicamente a seguir:

$$R = 2,5 * \sum_{i=1}^{10} \begin{cases} Q_i - 1, & i(mod2) = 1 \\ 5 - Q_i, & otherwise \end{cases}$$

Onde:

Q = Conjunto das respostas do questionário

i = Índice de iteração no conjunto Q

R = Resultado final

2.5 Aprendizado de máquina

O aprendizado de máquina é o campo de estudos sobre algoritmos de computador que podem ser aprimorados automaticamente por meio da experiência e da utilização de dados (MITCHELL, 1997). Um dos principais campos da inteligência artificial, em aprendizado de máquina, o modelo de computação é construído tomando por base os dados de amostra, conhecidos como "dados de treinamento", a fim de fazer previsões ou decisões sem serem explicitamente programados para isso (KOZA et al., 1996).

Atualmente, grande parte dos trabalhos em aprendizado de máquina é do tipo supervisionado. Esta abordagem leva em consideração uma quantidade finita de dados rotulados (e

frequentemente ruído) e recomenda um comportamento superior para o algoritmo de aprendizagem que é esperado. Se as saídas desejadas forem discretas ou categóricas, há um problema de classificação. Por outro lado, saídas contínuas ou numéricas denotam um problema de regressão.

A grande maioria dos estudos sobre como avaliar um modelo de classificação depende da precisão preditiva como o único critério de avaliação, ou seja, o número de predições corretas para o número total de amostras de entrada. Assim, a precisão é definida como a proporção de instâncias verdadeiras recuperadas, tanto positivas quanto negativas, entre todas as instâncias recuperadas, conforme mostrado na Equação 2.1:

$$p = \frac{tp + tn}{tp + tn + fp + fn} \quad (2.1)$$

Onde:

p = precisão
 tp = verdadeiro positivo
 tn = verdadeiro negativo
 fp = falso positivo
 fn = falso negativo

A precisão é uma métrica que trata sobre o desempenho geral de um classificador e funciona bem para conjuntos de dados relativamente equilibrados. No entanto, se houver necessidade de focar em uma classe de saída específica, métricas alternativas como precisão, recall e pontuação F1 podem ser usadas. A partir das contagens anteriores, pode-se calcular a precisão e recuperar a incompatibilidade com a Equação 2.2:

$$p = \frac{tp}{tp + fp} \quad r = \frac{tp}{tp + fn} \quad (2.2)$$

Onde:

p = precisão
 r = recall

A pontuação F1 combina a precisão e a recuperação de um classificador em uma única métrica, tomando sua média harmônica conforme expressa na Equação 2.3:

$$F1-pt = \frac{2 \times ps \times r}{ps + r} \quad (2.3)$$

Onde:

pt = pontuação
 ps = precisão
 r = recall

Portanto, essa métrica leva em consideração tanto falsos positivos quanto falsos negativos. No entanto, se o custo de falsos positivos e falsos negativos forem muito diferentes, é melhor examinar a precisão e a recuperação.

Outra forma de exibir os resultados da medição de desempenho de um classificador e, principalmente, de comparar vários classificadores, é por meio da Matriz de Confusão (CM). Esta é uma tabela que mostra todos os quatro resultados experimentais, dados por *tp*, *fp*, *fn* e *tn*.

Alguns dos algoritmos de classificação mais amplamente usados são árvores de decisão, redes neurais e máquinas de vetores de suporte.

2.5.1 Árvores de Decisão (DT)

Também conhecidas como árvores de classificação e regressão generalizadas, as árvores de decisão são uma forma de representar um conjunto de regras que formam uma hierarquia de classes ou valores e de expressar uma lógica condicional simples (ROKACH, 2008). Essas regras podem ser expressas em linguagem natural, o que melhora a interpretabilidade do modelo para o usuário. Uma árvore de decisão é baseada em uma sequência de perguntas sobre as características de um objeto. Depois que a primeira pergunta for respondida, as outras podem ser feitas até que a classe a que o objeto pertence seja concluída. Os parâmetros definidos pelo usuário incluem o número mínimo de valores em um nó que deve existir antes que uma divisão seja tentada e a profundidade máxima da árvore que será criada.

2.5.2 Redes Neurais Artificiais (ANN)

Em tarefas de classificação, os parâmetros livres ou os pesos sinápticos de uma rede neural (HAYKIN, 2007) são aprendidos através da interação contínua com o ambiente. A rede é treinada com valores de entrada e seus valores de saída desejados correspondentes durante o treinamento supervisionado. Ao contrário das árvores de decisão, um classificador baseado em rede neural não decide em vários estágios. Em vez disso, as redes neurais podem ser usadas para criar um mapeamento não linear de recursos de dados para permitir que novos recursos de dimensionalidade reduzida e melhor desempenho sejam alcançados.

Uma das arquiteturas de rede neural mais comumente usadas para classificação de conjunto de dados tabular é o perceptron multicamadas (MLP). Redes MLP com uma única camada oculta contam com um sistema aproximador de função universal e podem resolver qualquer problema de classificação. No entanto, elas têm duas desvantagens principais: a dificuldade de escolher bons valores de hiperparâmetros e a má interpretabilidade dos modelos induzidos.

2.5.3 Máquina de vetores de suporte (SVM)

O modelo SVM é baseado na teoria de aprendizagem estatística (VAPNIK, 1995). É empregado principalmente para classificar problemas não lineares, encontrando a margem

máxima que separa o hiperplano, usando uma função de kernel para transformar o conjunto de dados. Os valores mais próximos da margem de classificação para definir o hiperplano são conhecidos como vetores de suporte. Estes são selecionados do conjunto de dados de treinamento. O SVM é uma das ferramentas de aprendizado de máquina mais flexíveis e eficazes disponíveis e tem um alto grau de precisão. Ele não sofre com os mínimos multi-locais clássicos e é comparativamente menos sujeito a sobreajuste. Os parâmetros SVM têm um efeito significativo no desempenho geral da classificação. A escolha adequada dos parâmetros de kernel, custo e gama faz uma grande diferença no desempenho resultante do classificador.

Em (RATHNAYAKE et al., 2019), um *framework* é estabelecido para a geração automática de Adaptive User Interfaces (AUI). Os autores analisam os padrões de comportamento do usuário para customizar as interfaces do usuário da web com técnicas de aprendizado de máquina. Apenas duas variáveis - o *mouse* e as ações de clicar - são capazes de criar mapas de calor para uma página da web. Diferentes modelos de classificação - GaussianNB (NB), Árvore de decisão, Regressão logística (LR), Árvore aleatória (RF) e AdaBoost (AB) - são aplicados para ajudar a entender o comportamento do usuário. Com base nessas informações, esta abordagem aborda a questão de como redimensionar e reorganizar os componentes para melhorar a UX.

A partir da revisão bibliográfica apresentada neste capítulo, desenvolveu-se a metodologia apresentada no capítulo a seguir.

3 METODOLOGIA

A metodologia proposta para esta pesquisa exploratória possui como pilares principais o método quantitativo, uma estratégia de pesquisa que se concentra na quantificação da coleta e análise de dados quantificáveis (BRYMAN, 2012) e o método qualitativo, baseado em dados obtidos a partir de entrevistas, questionários, além de análise de documentos e artefatos (CRESWELL, 2012). A metodologia é inspirada em *Design Science paradigm* (HEVNER et al., 2004), que determina define diretrizes para a execução de uma pesquisa científica, de onde extrai-se cinco etapas principais descritas nas seções seguintes: Percepção do problema e definição (Seção 3.1), Análise teórica (seção 3.2), Preparação do plano de pesquisa (seção 3.3), Implementação da solução (seção 3.4) e avaliação da solução (seção 3.5).

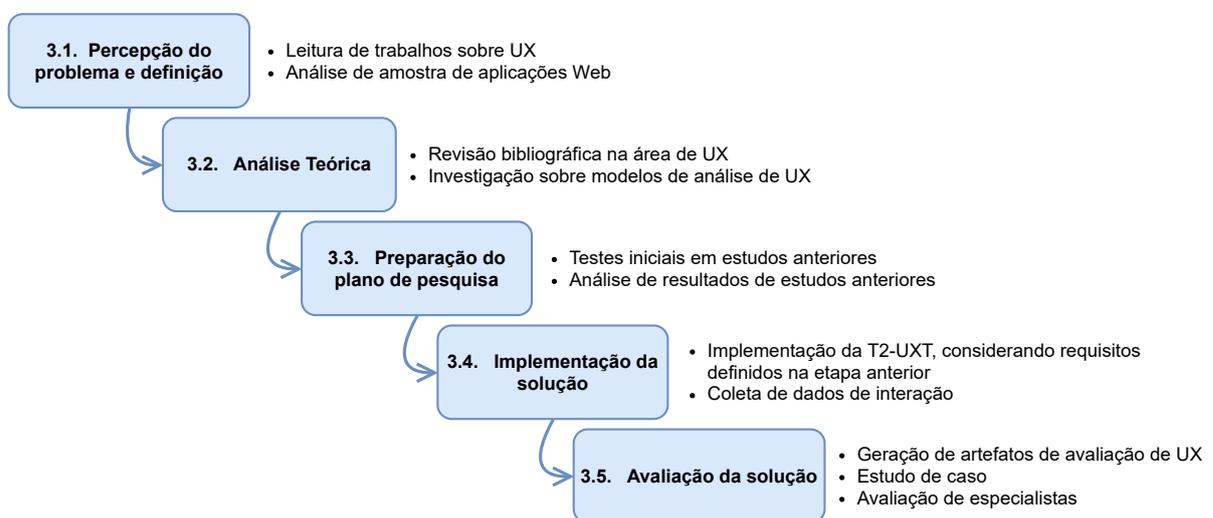


Figura 3 – Metodologia desenvolvida

Fonte: Adaptado de Hevner et al. (2004)

3.1 Percepção do problema e definição

A primeira etapa, descrita ao longo do Capítulo 1, consiste na identificação de problemáticas, oriundas de diversas áreas do conhecimento, relacionadas à interação entre usuário e sistemas, quais as formas pelas quais os usuários interagem com sistemas web; como observar tais interações e quais heurísticas de UX (listadas na subseção 2.1) podem ser relacionadas, permitindo que se compreenda quais fatores devem ser levados em consideração para a avaliação. Além disso, verifica-se também quais recursos tecnológicos devem ser desenvolvidos para execução dos testes e quais serão as formas de tratamento e processamento dos dados para a obtenção de resultados (ver Seção 1.1).

3.2 Análise teórica

Na segunda etapa, descrita no Capítulo 3.2 é realizada a revisão bibliográfica, visando construir o alicerce teórico necessário à fundamentação do trabalho, onde elenca-se Experiência de usuário, Navegador de Internet, Técnicas de rastreamento e Aprendizado de máquina. Além disso, traça-se também uma lista com diversos trabalhos relacionados, representando o estado-da-arte da área.

3.3 Preparação do plano de pesquisa

Na terceira etapa ocorre a preparação do plano a ser seguido para execução dessa dissertação. O plano construído para esta dissertação foi elaborado ao longo de diversos outros estudos derivados da aplicação de coleta de dados utilizado nessa dissertação, publicados em congressos e periódicos, o que demonstra o caráter interdisciplinar da proposta, em sintonia ao Programa de Pós Graduação que este autor está inserido. O plano contempla os passos seguintes para execução do trabalho a partir da implementação da solução – englobando o desenvolvimento da ferramenta de coleta de dados – bem como o estudo de caso e a avaliação da solução.

3.4 Implementação da solução

Nesta etapa, ocorre a execução da solução idealizada na etapa de planejamento (Seção 3.1). A solução tem como ponto de partida a coleta de dados de interação entre usuário e sistema, com vistas à produção de artefatos de fomento à avaliação de UX. Para tanto, foi desenvolvida a ferramenta T2-UXT (*Tracking Techniques User eXperience Tool*), destinada a contemplar todo o processo de coleta, organização e análise de dados de interação usuário-interface.

A T2-UXT é uma ferramenta desenvolvida para registrar as interações de usuários de interfaces Web a partir do monitoramento de movimentos do *mouse*, movimentos oculares, teclas pressionadas no teclado, do histórico de navegação, em computadores e dispositivos móveis. A ferramenta tem por objetivo prover além de artefatos gráficos de análise de UX, resultados extensíveis, para a utilização em tecnologias diversas, como inteligência artificial.

Além da coleta, a ferramenta também executa organização e processamento de dados. A arquitetura da aplicação se sustenta em um arranjo de tecnologias que garante flexibilidade e desempenho. Através do emprego de PHP e JavaScript, a fase de captura e armazenamento de dados pode ser realizada independentemente de plataformas específicas. Por outro lado, na fase de processamento, a linguagem C# é utilizada, para fornecer alto desempenho na geração de artefatos visuais e análise de dados.

Para realização da coleta de dados através do rastreamento ocular, foi utilizada a biblioteca de código-aberto *SearchGazer.js* (PAPOUTSAKI; LASKEY; HUANG, 2017). Desenvolvida

em *javascript*, é uma ramificação da biblioteca *WebGazer.js* (PAPOUTSAKI et al., 2016). A biblioteca foi selecionada em razão dos dados de inferência de posição do olhar estarem imediatamente disponíveis para armazenamento, além de não necessitar de calibragem prévia, utiliza *webcam* para inferir a localização do olhar do usuário em tempo real na tela. Para predição, o *SearchGazer.js* utiliza quatro métodos de regressão: *ridge*, *weightedRidge*, *threadedRidge* e *linear*. Estes modelos são baseados no método de regressão *Ridge* (HOERL; KENNARD, 1970) e possuem diferenças na velocidade e precisão dos resultados.

Searchgazer.js também utiliza três métodos de reconhecimento facial: *clmtrackr*¹, *js-objectdetect*² e *tracking.js*³. Devido a limitações de hardware, utilizou-se o modelo de detecção facial "clmtrakr" e o método de regressão *ridge* que mapeiam *pixels* detectados pelo olhos para os locais na tela, retornando os pontos de predição. Sempre que a interação do usuário ocorre, o modelo é treinado, colocando sua localização na tela nos *pixels* correspondentes à fixação do olhar.

A Figura 4 apresenta uma visão geral da arquitetura da T2-UXT e a Figura 5 apresenta as interfaces gráficas da T2-UXT, que são A) Módulo Cliente, visualizada no painel de extensões do Google Chrome; B) Módulo de Armazenamento, visualizada ao acessar o a URL do módulo; e C) Módulo de Visualização de Dados, contendo botões de acesso aos demais submódulos.

3.4.1 Módulo Cliente

Desenvolvido como uma extensão do navegador *Google Chrome* utilizando Javascript, este módulo é responsável por capturar - do lado cliente - as interações dos usuários, por meio de diversas formas de entrada de dados, conforme mencionado acima.

Conforme a Figura 4, o módulo tem a sua operação dividida em duas fases, sendo a primeira (*Catcher*) relacionada aos eventos de interação, disparados sempre que o usuário realiza uma ação na página. Os dados coletados durante o disparo dos eventos são enviados ao *Adapter*, que registra capturas de tela, formata os dados para transmissão, e os envia agrupados em objetos JSON (*JavaScript Object Notation*) via requisição HTTPS POST para o Módulo de Armazenamento.

3.4.2 Módulo de Armazenamento

Este módulo é escrito em PHP (PHP: *Hypertext Processor*) e trata os dados enviados pelo Módulo Cliente. Conforme apresentado na Figura 4, os dados são recebidos e decodificados na primeira fase; em seguida, são organizados por usuário e por site, e armazenados; e, por fim, na terceira fase, são disponibilizados ao módulo de geração de artefatos via FTP.

¹ <<https://github.com/auduno/clmtrackr>>

² <<https://github.com/mtschirs/js-objectdetect>>

³ <<https://trackingjs.com/>>

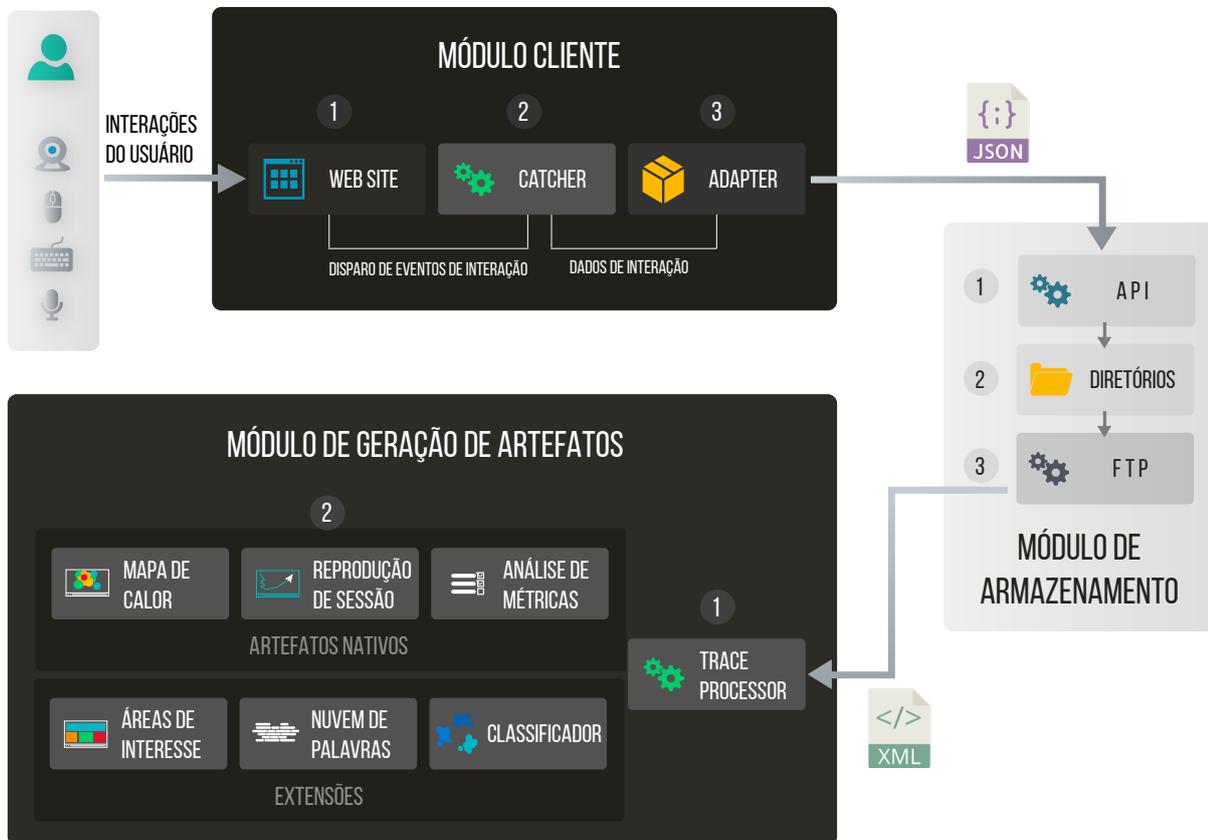


Figura 4 – Arquitetura detalhada da T2-UXT

Fonte: Autor.

Cada diretório contém um documento XML (*eXtensible Markup Language*) acompanhado de capturas de tela cronologicamente registradas. Tais arquivos são utilizados no Módulo de geração de artefatos para reconstituir o trajeto do usuário ao utilizar o portal Web.

3.4.3 Módulo de geração de artefatos

Este módulo é uma aplicação *desktop* desenvolvida em C#, HTML, CSS e JavaScript para gerar elementos para a visualização e análise dos dados de interações do desenvolvedor. Os dados que estão registrados no Módulo de Armazenamento são filtrados por meio do componente Preprocessador de XML para realizar uma segunda fase de tratamento, garantindo maior precisão e permitindo a integração do sistema com outras ferramentas.

Em seguida, os arquivos XML são acessados pelo componente *Trace Processor*, que prepara a base para variados formatos de visualização de dados, divididos em duas classes principais: Artefatos nativos e Extensões.

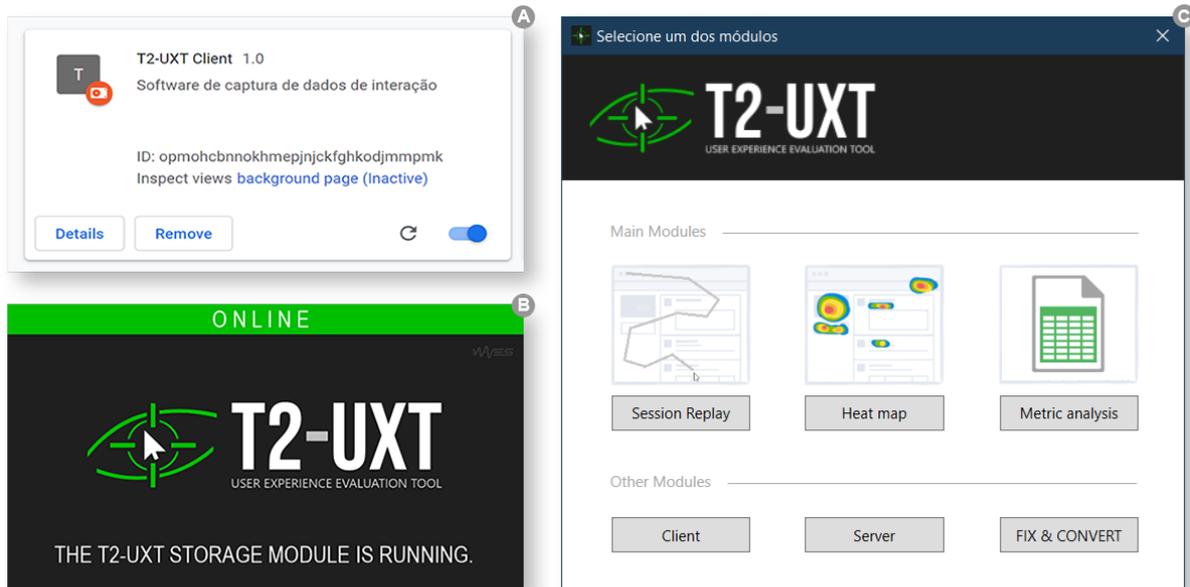


Figura 5 – Interfaces gráficas da T2-UXT

Fonte: Autor.

3.4.3.1 Artefatos nativos

Artefatos nativos são a classe de artefatos produzidos originalmente pela T2-UXT, diretamente pelo módulo de visualização de dados. São eles a reprodução de sessão, o mapa de calor e a análise de métricas.

Reprodução de sessão – Este componente, ou submódulo, reproduz individualmente cada amostra capturada, permitindo a visualização quadro-a-quadro dos movimentos do desenvolvedor registrados a partir das técnicas de rastreamento do *mouse* e ocular. Para a composição da visualização, o módulo utiliza captura de telas registradas durante a interação e sobre essas posiciona pontos e linhas contínuas representando o caminho percorrido e ações realizadas pelo usuário.

Mapa de calor – Este componente produz um mapa de calor para o rastreamento do *mouse* e ocular. É possível a geração de mapas individuais ou de grupo de desenvolvedores. As representações são constituídas de capturas de tela sobrepostas e encontradas nos dados capturados, de forma a reproduzir a tela da aplicação. Este componente permite a detecção de áreas de interesse, desvios de atenção, zonas não visualizadas, entre outras possibilidades.

Análise de métricas – Este componente gera uma planilha que consolida os valores das métricas utilizadas na captura das interações dos desenvolvedores. A tabela gerada pode ser exportada para utilização em outras ferramentas como, por exemplo, modelos de inteligência artificial e de classificação. O resultado obtido é mostrado na Figura 16. As variáveis consideradas na avaliação realizada por esse módulo são discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das variáveis

Fonte: Autor

Fonte	Nome	Descrição
<i>mouse</i>	Distância total do <i>mouse</i>	Distância em pixels percorridos pelo cursor do <i>mouse</i> , considerando toda a tarefa.
<i>mouse</i>	Distância ideal de pesquisa	Distância em pixels em uma linha reta desde a posição inicial do <i>mouse</i> até a posição do objeto clicado pelo desenvolvedor.
<i>mouse</i>	Razão de pesquisa	Percentual da distância real de pesquisa em relação à distância ideal de pesquisa. É particularmente útil para identificar desvios de atenção.
<i>mouse</i>	Atraso na decisão de clicar	Tempo entre o posicionamento do cursor do <i>mouse</i> sobre um item e o clique em si.
<i>mouse</i>	Número total de cliques	Número de vezes que o desenvolvedor clicou para concluir a tarefa.
Olho	Tempo de fixação do olhar	Tempo entre o posicionamento ocular e o olhar sobre um item até o clique.
Olho	Distância total dos olhos	Distância em pixels percorridos pelo desenvolvedor, considerando toda a tarefa.
URL	Retornos de página	Número de vezes que o desenvolvedor entrou em uma página, visualizou no máximo mais duas outras páginas e retornou.
URL	Tempo para concluir	Tempo decorrido desde a renderização completa da página até a conclusão da tarefa pelo desenvolvedor.
URL	Repetições de página	Número de vezes que o desenvolvedor entrou em uma página visitada anteriormente.
Teclado	Palavras digitadas	Junção de caracteres digitados pelo desenvolvedor durante a execução da tarefa (e.g., para fazer nuvem de palavras).

3.4.3.2 Extensões

No contexto de artefatos, extensões são a classe de artefatos produzidos por ferramentas desenvolvidas para aplicação cenários de utilização da T2-UXT, atuando com base em dados fornecidos pela própria ferramenta em algum dos estágios de armazenamento ou visualização de dados. Atualmente figuram entre as extensões os artefatos de Análise de áreas de interesse, nuvem de palavras e o algoritmo classificador, no entanto, em razão do formato genérico utilizado nos dados fornecidos, expansões futuras são possíveis.

Análise de áreas de interesse – consiste num modelo analítico que classifica a atenção do usuário em áreas de interesse predefinidas em um sistema interativo. Para isso, uma ferramenta de avaliação da experiência do usuário é usada para rastrear os movimentos dos olhos e do *mouse*. Utiliza uma tabela fornecida pelo módulo de geração de artefatos durante o pré-processamento de dados de interação.

Nuvem de palavras – desenvolvido utilizando Javascript, HTML e CSS, a extensão também utiliza a tabela fornecida pelo durante o pré-processamento de dados de interação, para gerar um agrupamento de palavras digitadas ou faladas durante o teste. O tamanho das palavras é proporcionalmente relacionado à quantidade de ocorrências.

Classificador – construída em *Python 3*, utilizando a biblioteca *scikit-learn 0.23*, essa extensão explora algoritmos de aprendizado de máquina como Árvore de Decisão e Máquina de Vetores de Suporte, para inferir quantitativamente experiência de usuário e classificar os usuários em grupos de nível de experiência. Utiliza o artefato exportado pelo submódulo de análise de métricas (tabela CSV).

3.5 Avaliação da solução

Na etapa final da metodologia, a ferramenta é aplicada em cenários interdisciplinares de avaliação de UX, que são apresentados nas seções 4.1 e 4.2. Os artefatos gerados nesses dois cenários são apresentados no Capítulo 5, e por fim, a avaliação por especialistas que utilizaram a ferramenta, apresentada no Capítulo 6.

4 ESTUDOS DE CASO

Para avaliação da solução implementada, procedeu-se a operação da ferramenta em cenários distintos, com o objetivo de verificar aplicabilidade dos recursos da ferramenta à pesquisa em contextos interdisciplinares. Isto posto, destes cenários, apresentam-se dois principais: o primeiro cenário consiste numa aplicação em um site transmídia, e o segundo cenário aplicado no site da Receita Federal do Brasil.

Os artefatos obtidos nos resultados dos dois cenários encontram-se no Capítulo 5. Ao longo dos cenários é possível observar diferentes nomenclaturas para a ferramenta de captura. Isso se deve à evolução constante da ferramenta, tendo sido utilizadas pelo menos duas versões dessa: AIMT-UXT (*Artificial Intelligence and Mouse Tracking User eXperience Tool*) e T2-UXT (*Tracking Techniques User eXperience Tool*). A lista completa de cenários e versões da ferramenta encontra-se na Seção 7.2.

4.1 Cenário 1 - Site Transmídia

Neste cenário, se realizou a avaliação da experiência do usuário a partir de métricas obtidas através do recurso rastreamento de *mouse* fornecido pela AIMT-UXT. Para comparação com os dados de rastreamento utilizou-se entrevista estruturada. Este mapeamento foi feito com alunos do curso de Jornalismo da Universidade Federal de Santa Catarina, que navegaram no site e participaram da pesquisa.

4.1.1 Contextualização

Uma narrativa transmídia é um espaço que concatena elementos midiáticos que reunidos contam uma história observando a singularidade de cada meio e contexto. Foi considerado o desenvolvimento deste formato como um grande desafio para a área jornalística, caracterizado como um produto inovador que exige uma abordagem multidisciplinar, tornando possível a observação das impressões e percepções causadas no público por esta forma de consumo de mídia (PAULINO et al., 2021).

Neste cenário, foi escolhido como alvo o site Transmídia "De Barrio Somos" – Histórias de Clubes em 360°, por ser um site que usa diversos recursos transmídias e ter reconhecimento e premiações na área. De Barrio Somos apresenta características inovadoras. Foi concebido por uma equipe interdisciplinar que produziu uma série para TV e web, um livro de crônicas, conteúdos em 360 graus, um álbum de figurinhas com rastreadores de realidade aumentada, um jogo de tabuleiro, pequenas histórias para redes sociais e outros (PIMENTA, 2019).

O projeto promove um passeio transmídia por histórias contadas pelos seus próprios personagens. Integrando várias mídias e produtos, o projeto através do seu site faz um convite a navegar e explorar um mundo extraordinário da cultura de bairro revelado em 360°. O De Bairros

Somos se apresenta em um site Longform (ver Figura 6) para contar uma história transmídia, que se caracteriza por ter várias seções na orientação vertical. Toda a navegação principal se dá em uma página única, que ao clicar os elementos midiáticos se pode consumir um conteúdo exclusivo.

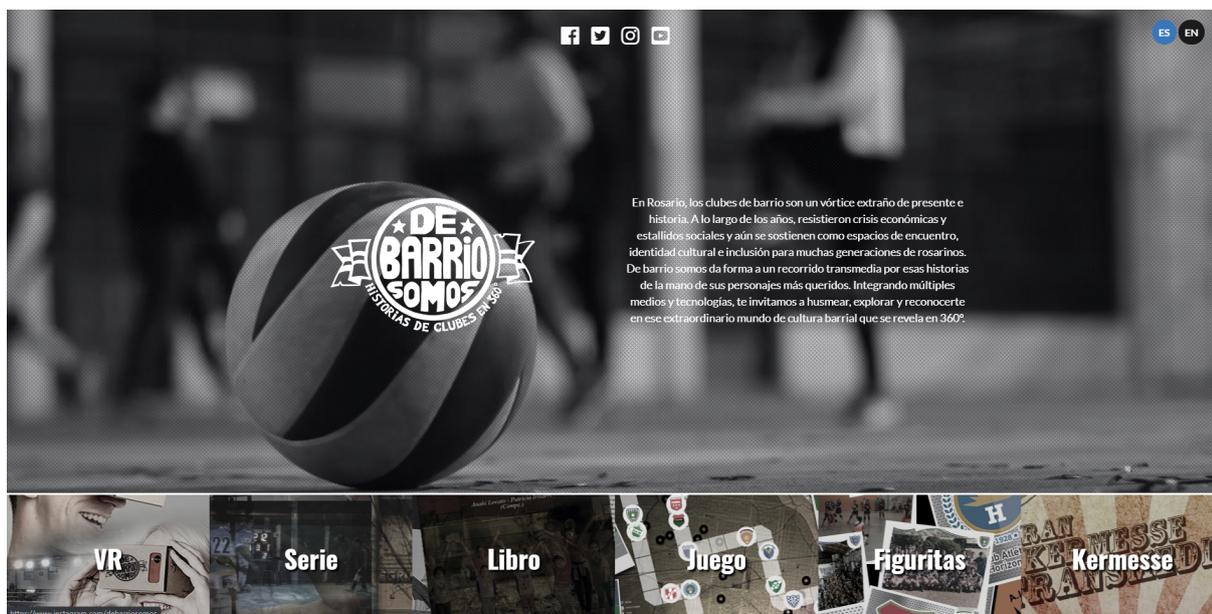


Figura 6 – Página principal do DeBairriosSomos.

Fonte: Reprodução <<http://debarriosomos.com.ar/>>

O projeto De Barrio Somos se originou Em Rosário (Argentina), onde os clubes de bairro se configuram como comunidades ativas e de grande importância para a cidade. Neste contexto é que o projeto tornou-se relevante, divulgando a história e noticiando as atividades de cada clube. Muito mais do que clubes de futebol, os clubes de bairros de Rosário são espaços de encontro, servindo a cidade como uma esfera pública de valor para todos. A construção do De Barrio Somos contou com a participação de profissionais de diversas áreas. A equipe foi formada por jornalistas, comunicadores, produtores audiovisuais, designer gráfico e especialistas em tecnologia.

No contexto das Narrativas Transmídias, entre as tecnologias de rastreamento, encontramos dois principais tipos que mapeiam a interação do usuário: o rastreamento de *mouse* considera a análise dos movimentos do *mouse* em experimentos computadorizados e está se tornando cada vez mais popular na pesquisa psicológica. Os movimentos do *mouse* são tomados como um indicador de comprometimento ou conflito entre opções de escolha durante o processo de decisão (KIESLICH et al., 2018). Em razão disso, o rastreamento de *mouse* foi a técnica selecionada para coleta de dados implícitos de interação.

4.1.2 Metodologia aplicada

O cenário teve implementada uma pesquisa social como experimental e aplicada, sendo previsto o emprego imediato numa realidade circunstancial para geração de novos conhecimentos (LÓPEZ, 2010). Para tanto utilizou-se uma abordagem exploratória, motivada por problemas definidos que podem gerar hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Por ser uma pesquisa bastante específica, pode-se afirmar que assume a forma exploratória e de um estudo de caso. Inicialmente, são situados termos como rastreamento de *mouse* e rastreamento ocular no campo da pesquisa em Jornalismo e Comunicação.

O objetivo deste cenário foi identificar quais dos produtos foram mais acessados pelos alunos de Jornalismo em um site transmídia e o porquê? O método de rastreamento de *mouse* foi utilizado sinalizar os locais mais acessados, e através da aplicação dos questionários foi possível entender o porquê dos caminhos percorridos no site, para realizar uma análise qualitativa.

Além da aplicação da AIMT-UXT (análise quantitativa), recorreu-se à técnica da Entrevista estruturada (análise qualitativa) com o objetivo de obter dados que comprovem ou não os resultados analíticos da interação dos usuários no site. Este mapeamento foi feito com 13 alunos do curso de Jornalismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que navegaram no site De Bairro Somos e responderam à perguntas para verificar a experiência de navegação indicando pontos positivos e negativos.

Na primeira fase da pesquisa, os alunos tiveram uma breve explicação sobre o conceito e especificidades de um site transmídia. Após a apresentação os alunos foram convidados a navegar pelo site De Barrio Somos em computadores tipo desktop que já estavam previamente com a Ferramenta AIMT-UXT instalada como uma extensão do navegador *Google Chrome*. O usuário não percebe que a aplicação está sendo executada e utiliza normalmente o acesso ao site monitorado.

Os dados coletados foram classificados em quatro categorias:

1. **Clique** – que refere-se ao clique do *mouse* na página e em determinado elemento html;
2. **Espera** – quando o usuário deixa o *mouse* em repouso por mais de 3 segundos, o que sugere uma leitura da página;
3. **Rolagem** – quanto o utiliza roda de rolagem do *mouse*, indicando que o usuário procura por mais conteúdo na página;
4. **Movimentação** – quando o *mouse* se movimenta na tela, são capturados os eixos (x e y) do *mouse*.

Todas as quatro categorias foram consideradas como indicadores que representam a navegação e indícios de consumo de informações. Para ressaltar as zonas do site em que houve um registro maior de tempo investido, utilizou-se os mapas de calor.

Os resultados obtidos com a tecnologia serviram de parâmetro para quantificar a UX que, comparada aos relatos do questionário aplicado, pode sugerir se estas interatividade e percepções foram satisfatórias ou não. A ferramenta permite ainda a utilização de técnicas de inteligência artificial para mensurar a UX a partir de parâmetros de desempenho de usuários, entretanto, para este estudo, esta função não foi necessária.

4.2 Cenário 2 - Site da Receita Federal do Brasil

Neste cenário, foi estabelecida uma estrutura que emprega métodos para rastreamento de olhos e *mouse*, entrada de teclado, questionário de autoavaliação e algoritmos de inteligência artificial baseados em redes neurais de multicamadas perceptron (MLP), máquina de vetores de suporte (SVM) e árvores de decisão (DT), para avaliar a experiência do usuário e categorizar os usuários em perfis de desempenho. Os artefatos obtidos utilizando a T2-UXT são artefatos que podem ser usados para servir de referência a personalizações da Interface do Usuário nos sites. Este cenário teve como alvo o site da Receita Federal do Brasil (RFB).

O estudo teve como objetivo utilizar a T2-UXT para coletar, comparar, processar e visualizar os dados obtidos a partir das interações dos usuários, para usar e comparar algoritmos de aprendizado de máquina com a classificação dos perfis de desempenho do usuário, além usar os artefatos gerados pela estrutura para personalizar manualmente a interface do sistema.

4.2.1 Contextualização

A Receita Federal, ou Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil¹, é um órgão que tem como responsabilidade a administração dos tributos federais e o controle aduaneiro, além de atuar no combate à evasão fiscal (sonegação), contrabando, descaminho, contrafação (pirataria) e tráfico de drogas, armas e animais.

Para a composição deste estudo de caso, o site RFB (ver Figura 7) foi escolhido como objetivo deste cenário em razão do fato de que dezenas de serviços tributários são oferecidos por meio deste site, incluindo a Declaração de Imposto de Renda de Pessoa Física (IRPF) e a Declaração de Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ), principal fonte de receita tributária do governo brasileiro. Como o site de serviços do governo é amplamente acessado, o site da RFB é um sistema ideal para avaliar a UX com a metodologia proposta.

O site da RFB tem sido alvo de diversos trabalhos deste pesquisador, em razão da deficiência de UX presente na interface do Web site, frente a sua utilização obrigatória em âmbito nacional, o que torna a realização da prestação de contas ao fisco uma tarefa difícil e estressante. Dentre esses trabalhos, destaca-se Souza et al. (2019) – que apresenta uma avaliação da UX do mesmo site, aplicando o artefato quantitativo da AIMT-UXT para gerar resultados

¹ <<https://receita.economia.gov.br/interface/servicos>>

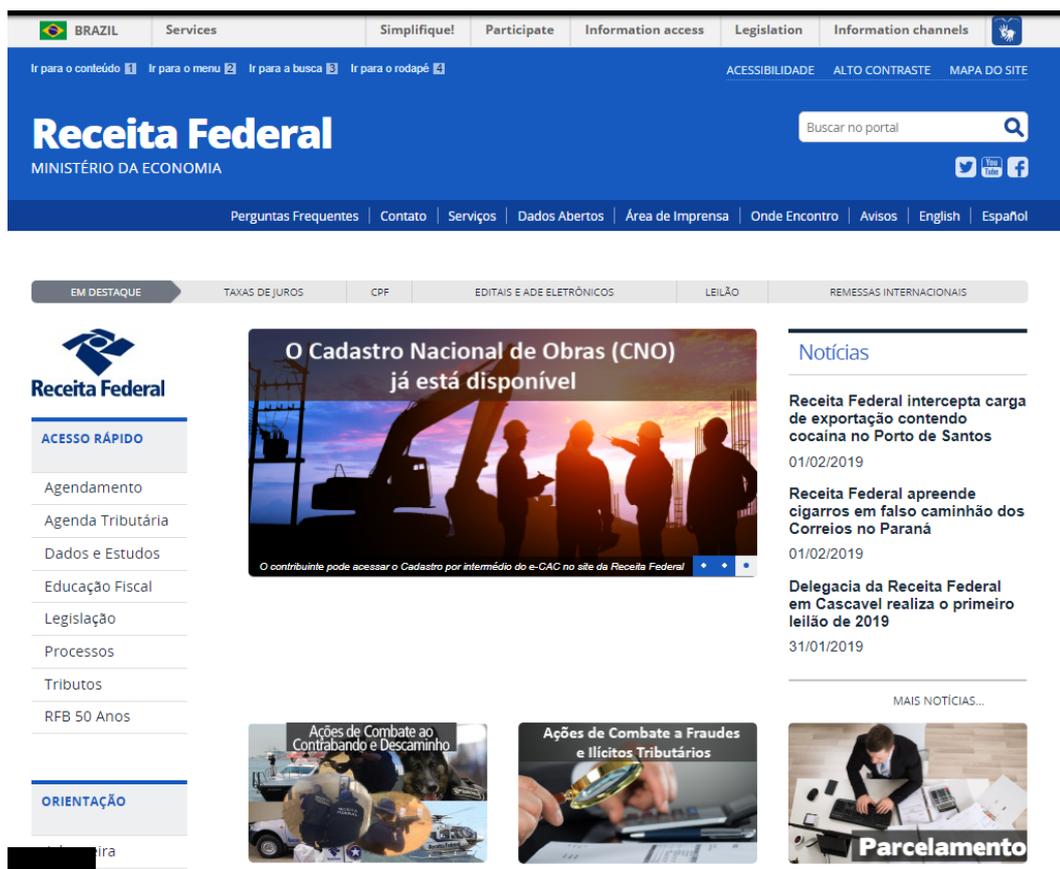


Figura 7 – Página principal da Receita Federal do Brasil.

Fonte: Reprodução <<http://receita.economia.gov.br/>> em 2019²

por meio de um modelo de computação *fuzzy* – e Souza et al. (2021), que é o trabalho onde esse cenário foi confeccionado.

4.2.2 Metodologia aplicada

Voluntários com diferentes níveis de habilidade com software/computadores e conhecimento sobre o site da RFB foram selecionados em universidades do Norte, Sul e Sudeste do Brasil. A faixa etária dos voluntários variava de 20 a 55 anos, faixa etária economicamente ativa que geralmente necessita de algum serviço da RFB.

Um teste-piloto foram realizados com 10 voluntários, chamados de voluntários iniciais, com o objetivo de definir um protocolo de testes. O pré-teste atendeu ao objetivo proposto; porém, devido ao fato dos voluntários iniciais possuírem diferentes níveis de conhecimento sobre o site e muitos nem mesmo conhecerem os serviços que a RFB oferece, nem todos conseguiram concluir as tarefas atribuídas. Assim, o pré-teste foi utilizado apenas para idealizar o protocolo de testes e, portanto, seus resultados foram desconsiderados no banco de dados utilizado nas demais etapas da ferramenta.

Dessa forma, trinta voluntários foram selecionados por meio do método de amostragem

aleatória (Banuenumah; Sekyere; Dotche, 2017). Isso significa que os voluntários foram escolhidos ao acaso e, portanto, cada voluntário teve uma chance igual de ser selecionado a qualquer momento durante o período de amostragem. Como os testes foram realizados em diferentes regiões do Brasil (Norte, Sul e Sudeste), um protocolo de testes (ver Tabela 2) foi estabelecido para orientar todos os pesquisadores / voluntários sob condições e etapas de teste padrão.

Tabela 2 – Protocolo de testes

Etapa	Detalhamento
1	Determinou-se que os testes fossem conduzidos em três computadores com sistema operacional Ubuntu 16 e navegador Google Chrome.
2	T2-UXT Browser Module foi instalado, que é projetado para coletar dados de interação.
3	Cada sessão de teste ocorreu sem qualquer interferência de outros voluntários ou pesquisadores envolvidos neste estudo.
4	O objetivo era garantir que os voluntários fossem inteiramente guiados pela interface ao realizar suas tarefas.
5	Cada tarefa chegou ao fim quando todas as atribuições foram concluídas.
6	Para cada tarefa um questionário SUS foi respondido.

Fonte: Autor

4.2.2.1 Variáveis

A T2-UXT fornece uma gama de variáveis de interação para quantificar as interações do usuário. As variáveis são classificadas pelos dispositivos de origem: (i) Mouse: variáveis que coletam dados de eventos relacionados ao dispositivo *mouse*; (ii) Olhos: variáveis que coletam dados de pontos de observação detectados pela biblioteca WebGazer; (iii) Histórico: variáveis que coletam dados e padrões de comportamento relacionados ao histórico de navegação registrado durante a execução da tarefa; (iv) Entrada de teclado: variável que coleta dados de digitação do usuário durante a execução da tarefa. A Tabela 3 mostra as variáveis fornecidas pela ferramenta.

4.2.2.2 Tarefas

Neste estudo de caso, quatro tarefas são definidas para obter dados de interação do usuário com o site da RFB. Considerando que heurísticas são utilizadas para medir UX (BADER; SCHÖN; THOMASCHEWSKI, 2017), cada tarefa contempla um grupo de heurísticas UX, de acordo com a proposta (RENZI, 2017). Das 9 heurísticas de UX propostas por (RENZI, 2017), 7 foram abordadas no estudo de caso. As tarefas são serviços frequentemente acessados no site da Receita Federal, *e.g.*, Serviços do Cadastro de Pessoas Físicas (CPF), como cadastramento, regularização e modificação. O CPF é um documento exigido tanto para brasileiros quanto para estrangeiros em uma ampla gama de operações e processos judiciais (Tarefa 2 e Tarefa 4).

Tabela 3 – Variáveis monitoradas pela T2-UXT.

Source	Variável	Descrição
<i>mouse</i>	Distância real de pesquisa	distância em pixels percorridos pelo cursor do <i>mouse</i> desde o momento de renderizar totalmente a página até o usuário clicar em um objeto.
<i>mouse</i>	distância total do <i>mouse</i>	distância em pixels percorridos pelo cursor do <i>mouse</i> ao realizar a tarefa inteira
<i>mouse</i>	distância de pesquisa ideal	distância em pixels em uma linha reta da posição inicial do <i>mouse</i> até a posição do objeto clicado pelo usuário.
<i>mouse</i>	taxa de pesquisa	porcentagem da pesquisa real dentro da distância de pesquisa ideal. Isso é particularmente útil para identificar distrações.
<i>mouse</i>	Atraso de decisão com <i>mouse</i>	clique e tempo entre o posicionamento do cursor do <i>mouse</i> sobre um item até o clique.
<i>mouse</i>	número total de cliques	número de vezes que o usuário clicou para concluir a tarefa.
Eye	Tempo de fixação do olhar	tempo entre o posicionamento do olhar sobre um item até o clique.
Eye	distância total ocular	distância em pixels percorridos pelo olhar do usuário ao realizar a tarefa inteira.
Histórico	retornos de página	número de vezes que o usuário entrou em uma página, executou no máximo mais duas páginas à frente e, em seguida, voltou à página inicial.
História	tempo de conclusão	tempo decorrido desde a renderização completa da página até a conclusão da tarefa pelo usuário.
Histórico	Repetições de Página	Número de vezes que o usuário entrou em uma página já visitada anteriormente.
Teclado	Entradas de teclado	palavras de pesquisa e palavras digitadas no campo de pesquisa. Uma nuvem de palavras foi criada.

Fonte: Autor

A dificuldade de encontrar serviços especializados levou à escolha de outra tarefa: a localização da página do e-CAC (Tarefa 1). Trata-se de um ambiente web seguro (dentro do próprio site da RFB), por meio do qual o contribuinte pessoa física ou jurídica pode acessar o serviço tributário *on-line*, por exemplo, consultoria tributária, orientação tributária, pendências na declaração de Imposto de Renda de Pessoa Física, entre outros problemas.

Acessar o IRPF também é um serviço muito requisitado e, portanto, foi uma das tarefas selecionadas para avaliação de UX, a Tarefa 3. A Tabela 1 consolida o número da tarefa, ação do usuário e as heurísticas UX.

Após registrar os dados de interação do usuário, o próximo passo foi construir modelos baseados em Inteligência Artificial para classificar os voluntários em experientes ou não experientes, de acordo com as características (variáveis) coletadas na ferramenta. A ideia é

Tabela 4 – Relação de tarefas e heurísticas de UX**Fonte: Autor**

Tarefa	Descrição	Heurística UX
1	Encontrando uma maneira de acessar o serviço e-CAC.	<i>Place-making</i> , Consistência, Redução, Equivalência a convenções culturais e Conteúdo Visual intuitivo.
2	Acesso à página Web do comprovante de registro do CPF.	<i>Place-making</i> , Consistência, Redução, Correlação, Equivalência a convenções culturais e Conteúdo Visual intuitivo.
3	Localização da página Web para download do IRPF (aplicativo de desktop) usando a caixa de pesquisa.	Consistência, Resiliência, Equivalência a convenções culturais e Conteúdo Visual intuitivo.
4	Acesso à página de atualização de cadastro do CPF.	<i>Place-making</i> , Consistência, Redução, Correlação, Equivalência a convenções culturais e Conteúdo Visual intuitivo.

ter um modelo que ajude a entender a classificação do usuário quando comparado com outros artefatos da T2-UXT. Para o treinamento do modelo, foi utilizado um banco de dados criado com: variáveis, que contém todas as interações do usuário; e pontuações da escala SUS, que avaliam o usuário como experiente ou não experiente.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS ARTEFATOS GERADOS

Neste capítulo, apresenta-se os artefatos gráficos e quantitativos de mapa de calor; questionário SUS; Tabela de análise de métricas; classificação por modelo de inteligência artificial; e customização de interfaces produzidos nos dois cenários descritos no Capítulo 4.

5.1 Cenário 1

Conforme apresentado na Seção 4.1, quatro categorias de dados de interação foram consideradas como indicadores de representação de navegação e indícios de consumo de informações: Movimento, clique, espera e rolagem. Para ressaltar as zonas do site em que houve um registro maior de tempo investido, utilizou-se os mapas de calor.

5.1.1 Mapas de calor

A Figura 8 apresenta o mapa de calor resultado das diferentes interações na página inicial, destaca-se o Clique e Movimentação - houve muito movimento do *mouse* e clique sobre determinado objeto do site. Esta página mostra uma coleção de prêmios que o projeto De Barrios Somos ganhou ao longo do tempo. A Figura 4 indica que os alunos leram a introdução e seguiram para os dois prêmios destacados na parte superior. O interesse diminuiu ao seguir para a Seção inferior.



Figura 8 – Mapa de calor que representa as categorias Clique e Movimentação na página inicial.

Fonte: Paulino et al. (2021)

A página "Serie"(Figura 9) demonstra o interesse dos alunos em audiovisual, o sistema mostrou que o acesso a este tipo de conteúdo foi muito grande. Nesta página é apresentada uma Série documental de oito capítulos. Seus protagonistas nos convidam a visitar seus clubes e descobrir uma história polifônica com vários pontos em comum sobre paixão, amor pelas cores e construção coletiva de cada espaço de identidade do bairro.

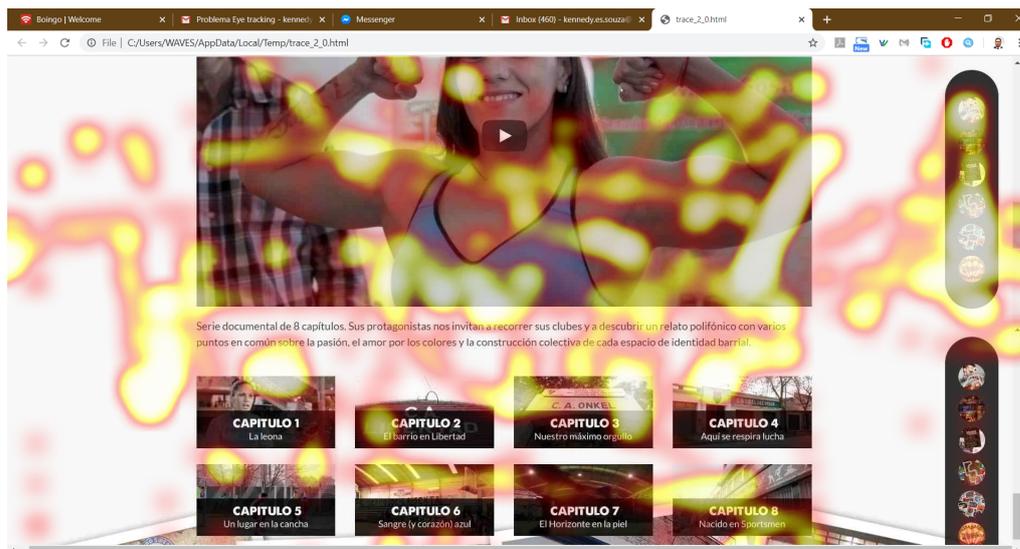


Figura 9 – Mapa de calor que representa as categorias Clique, Espera e Rolagem na página Séries.

Fonte: Paulino et al. (2021)

Na Figura 10, o Clique foi a categoria que mais se destacou no acesso aos vídeos em 360°. Esta constatação vai ao encontro do que foi relatado pelos alunos no preenchimento da questão aberta realizada após navegação. O vídeo 360° foi o produto mais comentado e preferido pelos alunos. Os vídeos mais acessados foram "02. Tiro Suizo" e "05. Desportivo Unión Central".

Objetos que concentraram um nível alto de Rolagem e Movimentação estavam na página de Jogos (Figura 11). Os Jogos de tabuleiro são subprodutos muito acessados e, como existe a possibilidade de fazer baixar-los no computador do usuário, notamos um acesso grande nesta página. Através dos Jogos de Tabuleiro, a história dos clubes do Rosário é contada.

Identificou-se níveis altos de Rolagem, Movimentação na página Figuritas (Figura 12). O álbum de figurinhas é um dos subprodutos mais acessados e, como existe também a possibilidade de fazer download (baixar) no computador do usuário, notamos grande acesso nesta página. Na questão aberta, descrita no próximo capítulo a possibilidade de fazer downloads dos produtos foi considerado como fator positivo.

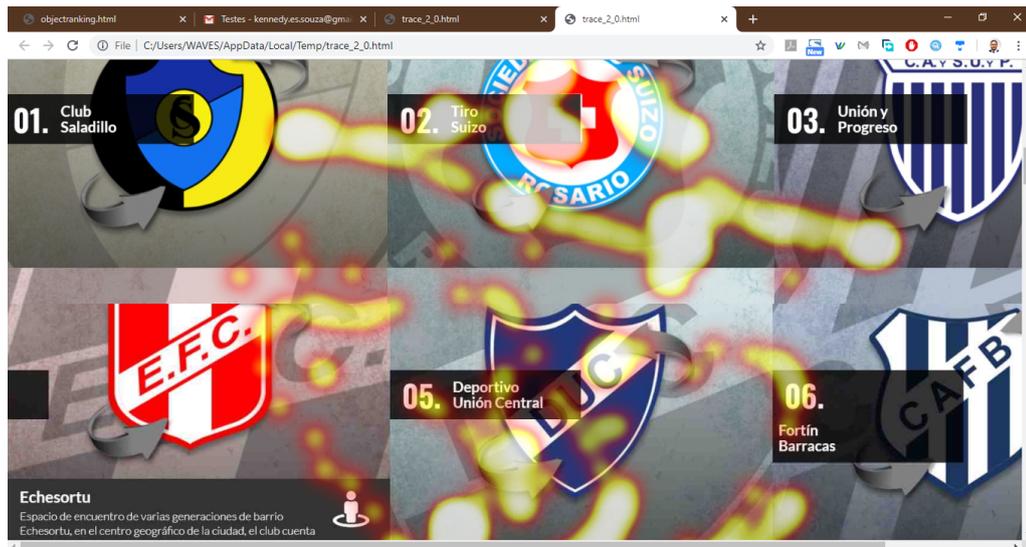


Figura 10 – Zonas de calor indica clube mais acessado entre as opções disponíveis na categoria Clique.

Fonte: Paulino et al. (2021)

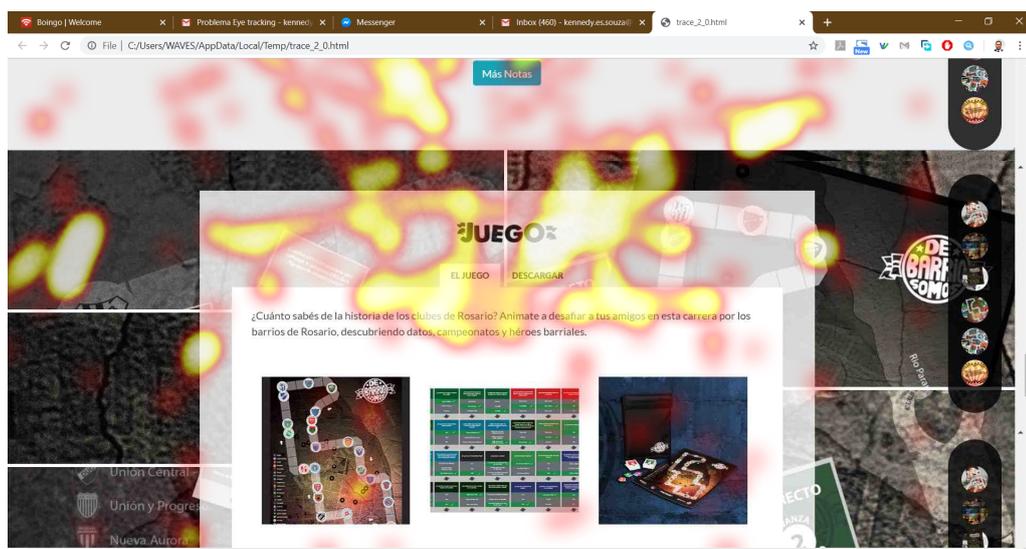


Figura 11 – Zonas de calor de Juegos para a categoria Movimentação.

Fonte: Paulino et al. (2021)

5.2 Cenário 2

Conforme cenário apresentado na Seção 4.2, os mapas de calor, resultados da escala SUS, Tabela de análise de métricas e resultados do aprendizado de máquina foram gerados para fornecer suporte a customizações nas interfaces web avaliadas, de forma que possam ser tomados por direcionamento para a resolução de problemas de UX.

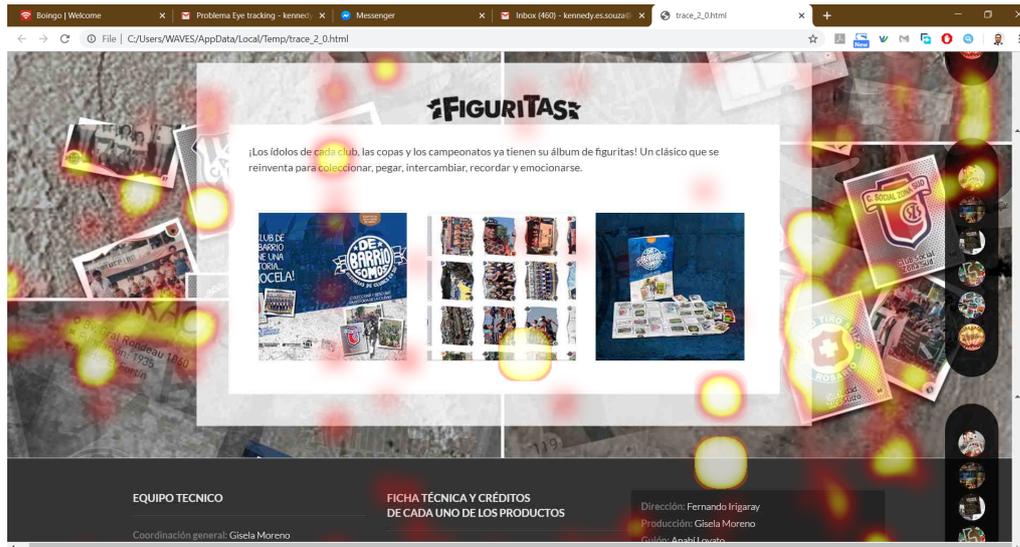


Figura 12 – Zonas de calor de Figuritas.

Fonte: Paulino et al. (2021)

5.2.1 Mapa de calor

As Figuras 13 e 14 apresentam os artefatos de mapa de calor gerados no cenário 5.2. Nesse, dois *clusters* foram identificados: a Figura 13a mostra o rastreamento ocular de usuários mais experientes cujo tempo médio de fixação do olhar para atingir o objetivo da Tarefa 4 é menor. A Figura 13b representa o grupo de usuários menos experientes, que fazem mais varredura da tela em busca do objetivo da Tarefa 4, portanto, investindo maior tempo em sua execução.

5.2.2 Resultados do Questionário SUS

No estudo apresentado na sub-seção 4.2, várias possibilidades de análise foram identificadas. Por exemplo, é possível comparar os resultados dos grupos "experientes" e "não experientes" com os mapas de calor gerados. No estudo de caso proposto, a Figura 14a apresenta o mapa de calor do movimento do *mouse* de um usuário experiente e a Figura 14b ilustra o de um usuário não experiente ao executar a Tarefa 4. Por meio da consulta ao escore SUS, é possível identificar que esses usuários pontuaram 90 % e 60 %, respectivamente. Nos resultados obtidos nesta dissertação, o artefato questionário SUS permite ratificar informações de usuários ou grupos de usuários visualizados em outros artefatos.

É possível verificar os valores das 12 variáveis coletadas e compará-los com o escore SUS obtido, individualmente ou em grupo. Por exemplo, usuários mais experientes tendem a levar menos tempo para cumprir os objetivos da tarefa; então, é possível identificar quanto tempo mais um usuário inexperiente leva para localizar um objeto em relação a um usuário experiente.

A pontuação do SUS foi usada para confrontar os resultados obtidos com a precisão dos perfis de usuário determinados pelas técnicas de classificação descritas na Subseção 5.2.4.

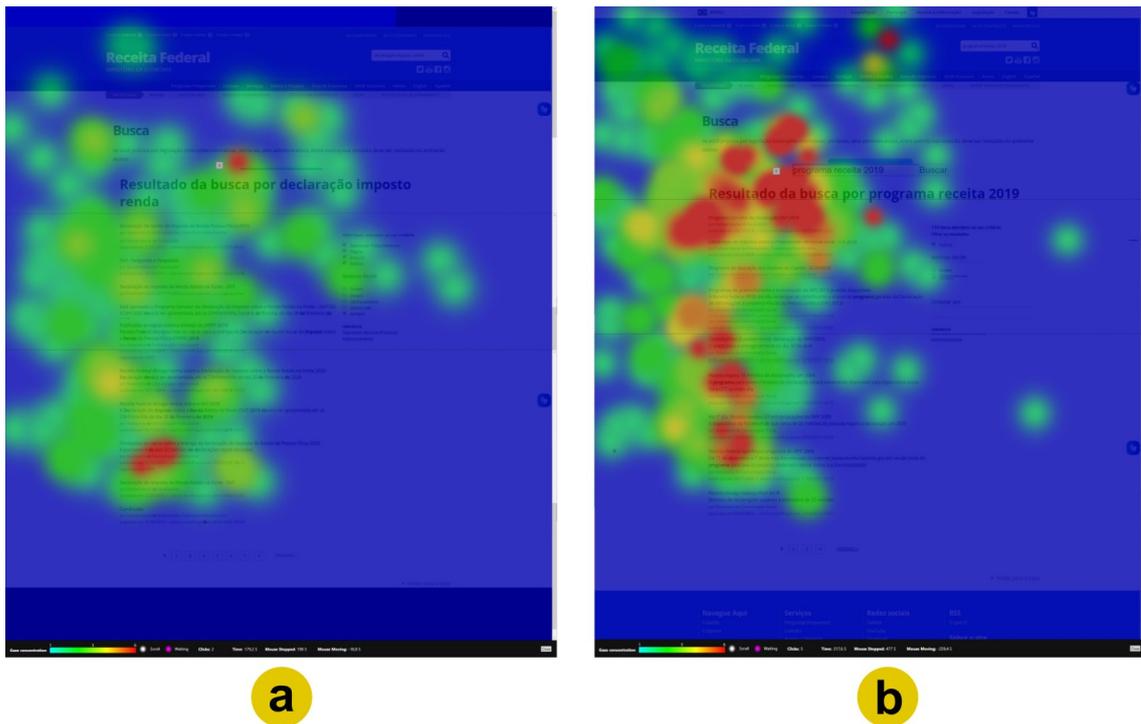


Figura 13 – Rastreamento visual do mapa de calor (a) perfil 1 (b) perfil 2

Fonte: Souza et al. (2021)

Os questionários são estruturados para obter uma medida da percepção dos usuários sobre o sistema avaliado, como, por exemplo, verificar se o escore SUS de um usuário que relatou "não experiência" está de acordo com o resultado obtido com as variáveis coletadas. Esta classificação também é usada como alvo no treinamento supervisionado dos modelos.

A Figura 15 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do SUS, contendo o total de 120 tarefas realizadas pelos 30 usuários. Confrontando os resultados da pontuação do SUS com o campo de autoavaliação de experiência anterior (experiente ou não), foi possível identificar que todos os voluntários que se autorrelataram como "não experiente" apresentaram pontuação média do SUS (considerando as 4 tarefas por usuário) inferior a 5. Também foi possível identificar que a Tarefa 4 apresentou o menor escore médio do SUS. Com o banco de dados do estudo de caso coletado e a característica do rótulo (experiente e não experiente) foi possível aplicar os modelos de classificação.

5.2.3 Tabela de análise de métricas

Os valores coletados pela ferramenta, transformados em uma Tabela (ver Figura 16), permitem entender o comportamento dos usuários na interação com o sistema, realizando as Tarefas. Análises mais abrangentes que consideram, por exemplo, o tempo para concluir tarefas e a quantidade de cliques, podem ser realizadas de forma comparativa para identificar quais tarefas foram mais fáceis de concluir.

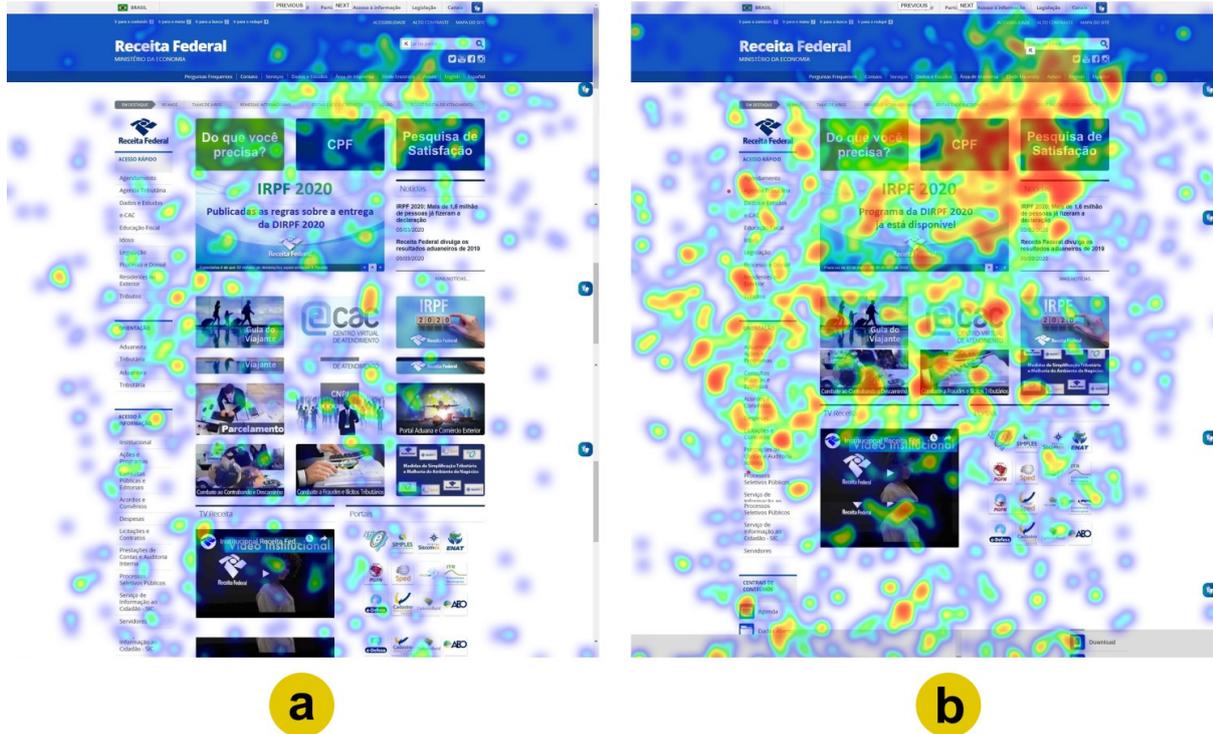


Figura 14 – Mapa de calor de rastreamento do *mouse* (a) perfil 1 (b) perfil 2

Fonte: Souza et al. (2021)

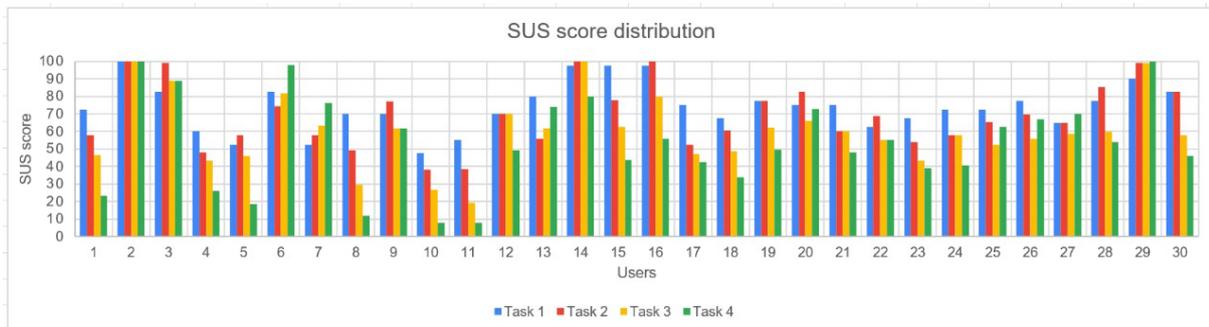


Figura 15 – Resultados SUS

Fonte: Souza et al. (2021)

É importante destacar que a variável "Palavras de Busca" permite tabular tudo o que foi digitado pelo usuário ao navegar no site. Desta forma, é possível analisar os termos mais recorrentes e erros comuns nos campos de busca de informações do site, podendo ser sugeridas nuvens de palavras para auxiliar no processo de busca do usuário.

5.2.4 Classificação por modelo de inteligência artificial

No presente cenário foram utilizados classificadores baseados em redes neurais de multicamadas perceptron (MLP), máquina de vetores de suporte (SVM) e árvores de decisão (DT). A ideia é ter um modelo que ajude a entender a classificação do usuário quando comparado

User ID	621a8dfd8:621a8dfd8:621a8dfd8:d61c1f3fd8 d61c1f3fd8 d61c1f3fd8 e61c6f									
Caminho	C:\Users\W									
STATUS	COMPLETO									
URL Inicial	developer.a									
Tempo para concluir (s)	40.60	61.70	89.60	56.20	49.30	46.90	53.30	52.60	45.00	31.00
Cliques	16.00	9.00	9.00	17.00	2.00	2	11.00	6	4.00	2.00
Distância ideal de pesquisa (px)	33364.00	113052.00	92796.00	43593	13052.00	13200	61950.00	58268	39124.00	13200.00
Distância total do mouse (px)	59849.00	147312	92865.00	80159	13028.00	20528	78853.00	67053	39210.00	20528.00
Distância total dos olhos (px)	179547.00	441936.00	278595.00	240477.00	39084.00	41056.00	236559.00	201159.00	117630.00	61584.00
Ideal Distance (px)	12280.00	38802.00	47005.00	14799.00	3830.00	3857.00	21500.00	13449.00	21214.00	3857.00
Total / Ideal Distance	4.87	3.80	1.98	5.42	3.40	5.32	3.67	4.99	1.85	5.32
Wait To Click (s)	3.20	3.20	3.40	2.80	0.40	0.20	1.80	1.00	1.20	0.20
Fixation To Click (s)	3.27	3.05	5.91	3.53	0.37	0.19	2.55	1.16	1.59	0.29
Page returns	5	0	0	0	2	8	6	0	0	8
Page repetitions	5	5	0	2	0	4	3	0	0	4

Figura 16 – Captura de tela durante utilização do submódulo de análise de métricas.

Fonte: Souza et al. (2021)

com outros artefatos da ferramenta. Para o treinamento dos modelos, foi utilizado um banco de dados criado com: i) variáveis, que contém todas as interações do usuário; e ii) pontuações do SUS, que avaliam o usuário como experiente ou não experiente, através de um método baseado em questionário.

A fim de obter a melhor generalização, todos os classificadores utilizaram validação cruzada. O objetivo desta etapa é encontrar o melhor modelo para a classificação do perfil do usuário, estabelecendo diferentes estruturas, definindo diferentes parâmetros e, em seguida, comparar os desempenhos em termos de exatidão, precisão, recall e pontuação F1. Para tanto, foi necessária a utilização da avaliação subjetiva.

Todos os scripts usaram Python 3.7.6 e a biblioteca scikit-learn 0.23.1. Os resultados dos testes foram tabulados para 30 usuários, com cada usuário realizando quatro tarefas, perfazendo um total de 120 registros (o conjunto de dados). Desse total, 70 % (84 registros) foram usados para treinamento e 30 % (36 registros) foram usados para teste dos modelos de classificação. A Tabela 1 apresenta as 12 variáveis que foram definidas para serem coletadas por meio do T2-UXT. Destas, 11 variáveis foram incluídas na análise do conjunto de dados, uma vez que a variável "Palavras de pesquisa" é usada apenas para criar uma nuvem de palavras.

O primeiro passo na construção de um modelo de aprendizado de máquina é definir os recursos do conjunto de dados que podem ser usados para aprendizagem.

Os modelos DT, SVM e MLP foram aplicados para dividir os usuários em perfis "não experientes" e "experientes". O desempenho desses modelos de aprendizado de máquina foram explorados cuidadosamente usando diversos valores para seus parâmetros.

Modelos de aprendizado de máquina usando classificadores DT foram treinados com profundidade máxima da árvore em uma faixa de 3 a 12. Outro hiperparâmetro foi o número

mínimo de amostras necessárias para dividir um nó interno, na faixa (2-16).

Os classificadores MLP consideraram uma camada oculta nas redes usando de 1 a 7 unidades; algoritmos de otimização *sgd*, *Adam* e *lbfgs*; funções de ativação *tanh*, *ReLU* e *logística*; taxa de aprendizagem constante e adaptativa; taxa de aprendizagem inicial na faixa de 0,01 a 0,1; Regularização L2 na faixa de 0,0001 a 0,05, taxa de decaimento exponencial 1 de 0,95; taxa de decaimento exponencial 2 de 0,999; taxa de momento na faixa de 0,8 a 0,95.

Diferentes funções de kernel foram especificadas para criar classificadores SVM: *linear*, *polinomial* e *rbf* com custo (0,01 a 1000), gama (0,001 a 100) e grau (1 a 4).

Todas as combinações anteriores foram avaliadas usando busca em grade dos hiperparâmetros apropriados para cada classificador com o método de validação cruzada de 6-fold. A Tabela 5 mostra a pontuação F1 mais alta para cada um dos três classificadores. O MLP obteve o melhor desempenho entre todos os modelos treinados. Isso ocorreu quando o modelo foi configurado com: 6 unidades ocultas, função de ativação *ReLU*, algoritmo de otimização de *Adam*, taxa de momentum de 0,9, taxa de aprendizado constante e taxa de aprendizado inicial igual a 0,05. O melhor classificador SVM usou a função kernel *rbf* e gama igual a 5. O melhor desempenho para o classificador DT foi determinado com uma profundidade máxima de 3 e um número mínimo de 2 amostras.

Tabela 5 – Pontuação F1 mais alta para cada um dos três classificadores

Fonte: Souza et al. (2021)

Modelo AI	pontuação F1 (validação cruzada)
DT	0,877
SVM	0,976
MLP	1,000

Porém, o classificador DT superou os modelos complexos de SVM e MLP no conjunto de dados de teste em termos de todas as métricas de avaliação, conforme mostrado na Tabela 6. A seguir, a Tabela 7 mostra a matriz de confusão para este problema de duas classes.

É claro que o objetivo principal de um classificador é maximizar as instâncias *tn* e *tp*, "experiente" previsto como usuário "experiente" e "não experiente" previsto como usuário "não experiente", respectivamente. Como pode ser observado na Tabela 7 todos os modelos prevêem corretamente os 18 "usuários não experientes" como tais. Assim, a precisão é máxima. Além disso, o modelo DT tem a menor porcentagem de usuários "não experientes" que foram classificados incorretamente como pertencentes à classe de usuários "experientes" (*fp*). Portanto, a métrica *recall* para DT é maior do que para SVM e MLP.

Diante disso, o modelo DT foi selecionado como classificador da ferramenta. Ressalta-se que todos os testes foram realizados diversas vezes com parâmetros variados para se obter a

Tabela 6 – Resultados dos testes.

Fonte: Souza et al. (2021)

Classificador	Precisão	Recall	Pontuação F1	Acurácia
DT	1,000	0,889	0,941	0,944
SVM	1,000	0,611	0,759	0,806
MLP	1,000	0,722	0,839	0,861

Tabela 7 – Matriz de confusão

Fonte: Souza et al. (2021)

Classificador	<i>tp</i>	<i>fp</i>	<i>tn</i>	<i>fn</i>
DT	16	0	18	2
SVM	11	0	18	7
MLP	13	0	18	5

melhor configuração.

Uma das razões para o bom resultado obtido pelo algoritmo DT é o fato de ele implementar intrinsecamente um método de seleção de variáveis (Gini). Além disso, permite observar as regras, extraídas do modelo em árvore, aumentando o entendimento das características que levam a um bom ou mau desempenho do usuário.

Com o melhor modelo de classificação – DT com 94 % de acurácia –, obtido com uma base coletada de interações com o site, é possível complementar a Tabela de de variáveis (Subseção 5.2.3). A classificação dos usuários ajuda a entender melhor os comportamentos dos usuários, ou grupos de usuários, ao realizar Tarefas no site. O modelo criado para classificação ajuda a validar os outros artefatos da estrutura.

5.2.5 Customização de interfaces

A partir dos artefatos gerados, as customizações do sistema pode ser implementada por vários motivos. O site da RFB é um caso interessante, pois concentra muitos serviços em um portal, o que às vezes torna extremamente difícil encontrar um determinado serviço. Além disso, a maioria das pessoas no Brasil usa este site.

Uma adaptação interessante seria identificar que o usuário está apenas acessando informações pessoais, e a partir disso ocultar informações corporativas e vice-versa, de forma que se reduza a quantidade de opções disponíveis, tornando mais clara e facilitada a compreensão dos links fornecidos na interface. A Figura 17 mostra uma sugestão de customização do site da RFB.

A Figura 17 (a) é a tela da página da web atual e a Figura 17 (c) é a tela da página de

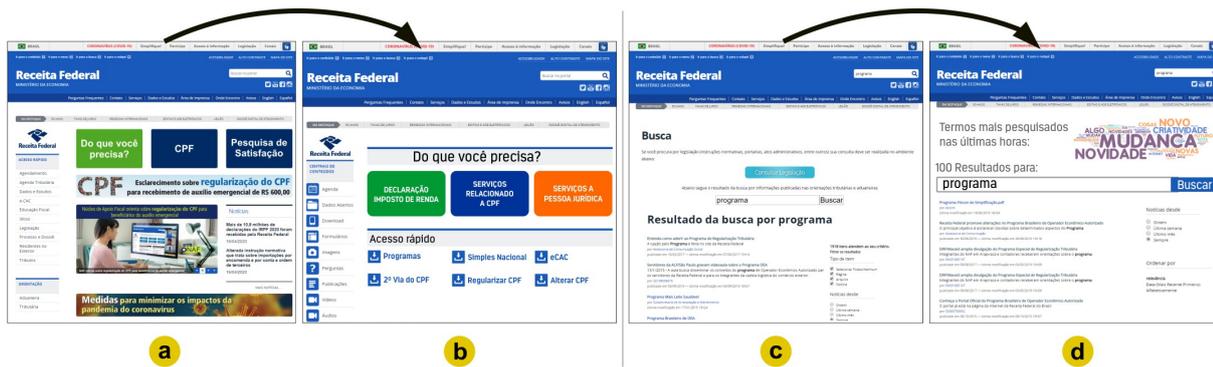


Figura 17 – Comparação entre website da RFB à época da realização do estudo e Modelo customizado do Website da RFB. (A e B) - Página inicial; (C e D) - Página de pesquisa

Fonte: Souza et al. (2021)

busca. Em relação aos artefatos - mapas de calor e modelo de classificação -, a Figura 17 (b) exhibe uma nova tela de sugestões que contém todos os objetivos que podem ser acessados no site, em um template mais limpo. A Figura 17 (d) mostra uma nuvem de palavras, que pode ser atualizada dinamicamente; isso se baseia nos acessos mais recentes e ajuda os usuários a encontrar algo mais rápido.

Após a conclusão das etapas práticas do estudo, a Receita Federal do Brasil promoveu uma mudança em todo o seu web site, de forma que diversas falhas apontadas por este autor em trabalhos anteriores e algumas sugestões de customização apresentadas neste trabalho, foram implementadas, conforme evidenciado na Figura 18.

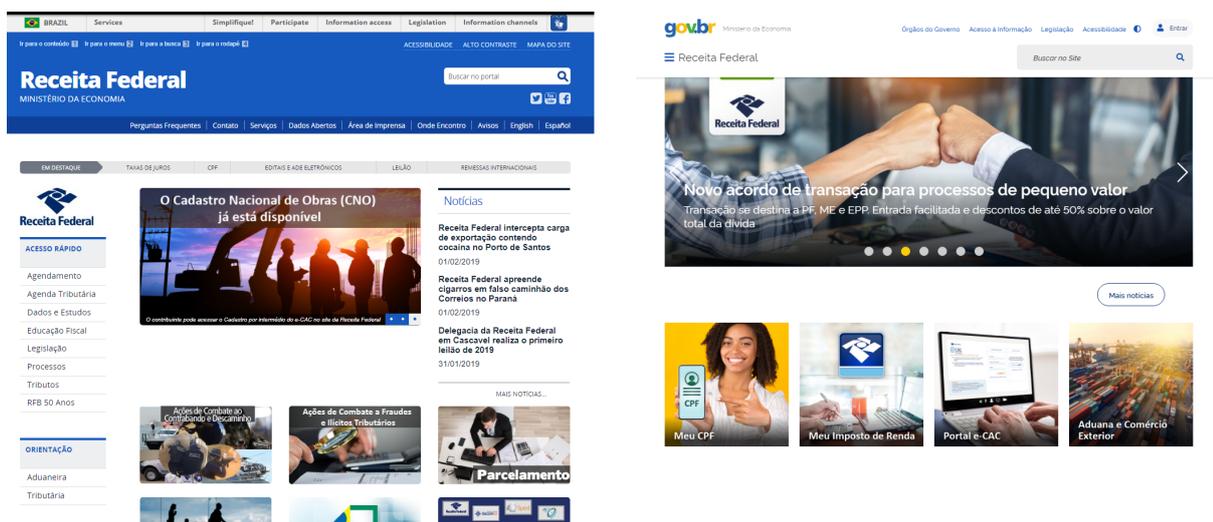


Figura 18 – (A) Comparação entre website da RFB à época da realização do estudo - (B) Website da RFB após implementação de alterações.

Fonte: Autor

6 AVALIAÇÃO DE ESPECIALISTAS

Além da aplicação da ferramenta em cenários diversos, também foram convidados três especialistas, dois atuantes na área de desenvolvimento de sistemas Web e um na área de jornalismo, para avaliar a instalação e a execução de testes utilizando a ferramenta, além de fazer comentários e recomendações, de forma a orientar o processo de melhoria contínua da ferramenta.

Para este trabalho, considerou-se especialista o usuário profissionalmente atuante em área relacionada à UX, capaz de utilizar a ferramenta de captura sem o auxílio do desenvolvedor, se valendo apenas dos recursos informacionais disponíveis, como o manual de instalação e utilização.

A estes foi enviado o manual de utilização da ferramenta, que tem por objetivo detalhar o procedimento de instalação, configuração e utilização. A partir disso, os especialistas realizaram testes de utilização e teceram recomendações para melhoria da ferramenta, que são detalhadas a seguir.

6.1 Primeiro especialista

O primeiro especialista é professor doutor do curso de Jornalismo da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Após realizar testes em portais de notícias de âmbito nacional, enviou a seguinte lista de apontamentos:

1. Tive um probleminha inicial na instalação da extensão. Deu “Erro ao carregar a extensão a partir de: ..\T2-UXT_bundle\ChromeExtension. O arquivo de manifesto está faltando ou não pode ser lido.”
2. (...) como não funcionou abri o Chrome, fui em ‘Extensões’, ativei o ‘Modo do desenvolvedor’, selecionei ‘Carregar sem compactação’ e selecionei a pasta ‘ChromeExtension’. Acho que com isso instalei a extensão certinho, mas relato aqui porque tive problemas à frente.
3. (...) ativei a extensão do Chrome e comecei a navegar no site do Campo Grande News. Andei na página principal, escolhi uma notícia, entrei e andei por ela e voltei pra home. Mas aí surgiu a dúvida: como parar o processo? Não encontrei isso no manual, então decidi desativar a extensão do Chrome. Mas acho que não é por aí, porque daí deu um erro na extensão (Uncaught Error: Extension context invalidated) quando a desativei.
4. Mesmo assim tentei rodar o Trace Converter, escolhendo a pasta wwwcampograndenews-combr gerada dentro de Samples, mas deu erro: “Error converting file - O índice estava fora dos limites da matriz. - em TraceConverter.MainWindow.Fire(String majorpath)”. (...)

5. Ah, outra dúvida: posso 'limpar' as pastas geradas numa sessão? Fiquei na dúvida se posso apagar as pastas `wwwcampograndenewscombr` e `wwwgooglecom` (mantendo a `extensions` e a `localhost`, bem como o arquivo `convert.log`, isso?) que ficam dentro da `Samples`.

A partir do relato do primeiro especialista, foi sintetizada a Tabela 8, que apresenta o resumo dos apontamentos e as respectivas medidas para solução dos problemas identificados.

Observação	Solução
Falha na instalação do módulo de captura por via automática	Inserido no manual o procedimento de instalação de extensão descompactada.
XAMPP ¹ alerta sobre antivírus	Inserido no manual as instruções sobre o alerta sobre a utilização de Antivírus.
Erro na página ao desativar extensão	Inserido no módulo de captura, tratamento para identificar a desativação da extensão.
Falha no pré-processamento	Reforçado no manual a localização correta dos diretórios de amostras.
Dúvida sobre pastas de outros sites	Automatizada a exclusão de itens desnecessários.
Versão Linux do Trace Converter	Iniciado o projeto para versão para Linux a aplicação de pré-processamento.

Tabela 8 – Resumo de apontamentos do primeiro especialista.

6.2 Segundo especialista

O segundo especialista, desenvolvedor de software da Universidade Federal Fluminense, também realizou testes com a ferramenta e fez o seguinte relato:

1. Depois que executamos o Apache no Xampp e fazemos a interação nas páginas, é necessário parar a execução dele para fazer a conversão no TraceConverter?
2. Qual a estimativa de tempo para conversão dos arquivos?
3. Na parte de visualização de dados, consegui gerar os mapas de single-view. No entanto, tive algumas dificuldades para o heatmap. Algumas vezes, foram geradas imagens totalmente em branco e fiquei meio sem saber o que estava fazendo de errado.
4. Uma sugestão é detalhar um pouco as opções que aparecem nos prints da tela. Dar uma breve explicação sobre o que cada opção faz. Acho que fica mais didático para quem nunca utilizou a ferramenta. Por exemplo, qual a diferença de "common style" e "realistic style"?

Da mesma forma, foi compilada uma tabela (ver Tabela 9), com o objetivo de indicar o encaminhamento dado para cada recomendação do especialista.

Observação	Solução
Falta de clareza nas informações sobre a finalização da captura de dados	Descrever com mais detalhes os passos relativos ao estado dos componentes.
Ausência de estimativa de tempo para conclusão de pré-processamento	Implementar progresso via processamento <i>multi-thread</i> .
Ausência de previsão de possíveis falhas na geração de artefatos	Implementar tratamento de erros na geração de heatmaps; e no manual descrever possíveis falhas.
Usabilidade prejudicada na interface de geração de artefatos	Recriar interfaces obedecendo padrões estabelecidos de usabilidade.

Tabela 9 – Resumo de apontamentos do segundo especialista.

6.3 Terceiro especialista

O terceiro especialista, assessor de comunicação da prefeitura municipal de Belém-PA, também realizou testes usando a T2-UXT. Os testes foram apresentados em videochamada e durante a execução em ambiente baseado no sistema operacional MacOS, identificou-se inoperabilidade do servidor de armazenamento da ferramenta, em razão de incompatibilidade com características arquiteturais desse sistema, tornando obrigatória a utilização de servidor remoto publicado na Internet.

Dessa forma, concluiu-se que figura como requisito mínimo os sistemas operacionais Windows e Linux, excluindo-se a família de sistemas MacOS da lista de sistemas operacionais compatíveis com o servidor de armazenamento. Apesar da incompatibilidade observada, o profissional relatou facilidade na instalação e utilização do módulo cliente.

6.4 Avaliação geral

A partir dos três relatos, Observou-se que a ferramenta é capaz de prover suporte à captura de dados de interação para avaliação de UX, porém, diversos ajustes na interface da T2-UXT devem ser implementados, como parte do processo de melhoria constante da ferramenta. As modificações sugeridas foram implementadas, e já atualizadas no manual, de forma a tornar mais claro o processo de avaliação utilizando a ferramenta.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para obtenção de artefatos para avaliação de experiência de usuário em interfaces Web "T2-UXT: Tracking Techniques User eXperience Tool". A ferramenta desenvolvida para realizar captura, visualização e análise de dados de rastreamento de interações visa representar de forma acurada o cenário estudado e as interações dos usuários nestes.

Em geral, foi estabelecido que a T2-UXT é capaz de auxiliar na avaliação de UX, por meio de múltiplas técnicas de rastreamento e representação de dados. Em fase de captura, é possível monitorar interação entre usuários e interfaces baseadas em Web, por meio de rastreamento de *mouse*, rastreamento de olhar, *keylogging* e histórico de navegação.

Para representação de dados, foram desenvolvidas duas opções gráficas de visualização: reprodução de sessão e mapa de calor. Para integração a algoritmos externos, foi desenvolvido o submódulo análise de métricas, que gera uma tabela com dados quantitativos acerca do cenário avaliado.

Os artefatos gerados pela ferramenta, ao serem tratados e exportados podem ter aplicações variadas e virtualmente ilimitadas, como por exemplo, a utilização em algoritmos de IA, para classificação de usuários em grupos de experiência, Tais resultados podem ser utilizados como referência para modificações na interface de usuário em sistemas web.

As duas técnicas de rastreamento empregadas nos dois cenários apresentados (mapa de calor, análise de métricas e *keylogging*) podem obter um grande número de variáveis para a identificação de perfis. O rastreamento do *mouse* é a técnica mais tradicional e pode ser facilmente incorporado a outros sistemas de rastreamento. O recurso de *keylogging* pode ser usada para recomendar conteúdo e / ou preenchimento automático. Além disso, o histórico de termos digitados pode ser usado para criar botões de acesso rápido.

A ferramenta foi avaliada por profissionais de diferentes áreas do conhecimento, e seus apontamentos em relação ao processo de instalação e execução de testes foram implementados, de forma a promover um processo de melhoria contínua no projeto. Ressalta-se que a ferramenta de código aberta encontra-se hospedada no GitHub ¹, já com os referidos ajustes implementados.

Por fim, deve-se destacar que o T2-UXT é uma ferramenta gratuita e de código aberto, que foi desenvolvida por uma equipe de pesquisadores. Além disso, sua integração é simples, pois permite que uma ampla gama de sistemas *on-line* seja avaliada sem nenhuma das restrições que podem ser encontradas em soluções semelhantes no mercado.

¹ <<https://github.com/KennedyWaves/T2-UXT>>

7.1 Dificuldades e limitações encontradas

Desde os primeiros trabalhos realizados utilizando a ferramenta de desenvolvida, foram identificadas dificuldades durante o processo de captura e processamento de dados. A seguir descreve-se os tais e as soluções providenciadas para o prosseguimento das atividades de pesquisa.

A primeira identificada foi a dificuldade elevada para a preparação do ambiente de testes, que consiste em dois módulos de tecnologias distintas. Em razão do risco de instalação incorreta do servidor Web necessário para prover o módulo de armazenamento, optou-se por disponibilizar o módulo de armazenamento através de um endereço público na Internet, eliminando a necessidade do usuário configurar a própria infraestrutura.

Em seguida, verificou-se problemas em sessões de capturas de dados, em razão da dificuldade de alguns usuários para operar o navegador de Internet e tornar o módulo cliente apto para captura de dados. Para resolver tal empecilho, foi confeccionado um manual completo documentando cada estágio do procedimento de captura de dados.

Por ultimo, identificamos algumas limitações no trabalho. A primeira refere-se ao fato de que necessidade da utilização de uma câmera em ambiente iluminado pode ser interpretado como invasão de privacidade por alguns usuários. Uma solução para esta limitação é apresentar previamente um documento contendo todas as características do rastreamento, de forma que o usuário compreenda que não há risco de violação de privacidade em razão do não-armazenamento de imagens da câmera.

Uma limitação técnica é ausência de compatibilidade entre outros navegadores de Internet em ferramentas desenvolvidas para o *Google Chrome*, tornando-a exclusiva para esse navegador. A utilização do módulo cliente da T2-UXT em outros navegadores se torna possível com o desenvolvimento de versões adaptadas. Uma possível solução é o desenvolvimento de uma versão universal, capaz de modificar seu comportamento interno de forma manter compatibilidade entre todos os navegadores de Internet baseados em WebKit.

Por último, o módulo de visualização de dados foi desenvolvido tendo como meta o desempenho fornecido pelo *framework* nativo do sistema operacional Windows, o que representa vantagem, porém elimina a compatibilidade com outros sistemas operacionais. Uma possível solução seria a reescrita do módulo em um *framework* baseado em Web, como *Electron*.

7.2 Desdobramentos da dissertação

Em dois anos de pesquisa, diversos trabalhos foram produzidos, apresentados e publicados, em congressos, simpósios e periódicos internacionais, apresentando aplicações diversas da ferramenta em diferentes cenários, mostrando sua interdisciplinaridade. Nesse histórico, observa-se também que ao longo tempo tem recebido novos recursos, causando alterações tão

significativas que se refletem em seu título. As publicações encontram-se listadas a seguir, e visualmente representados na Figura 19.

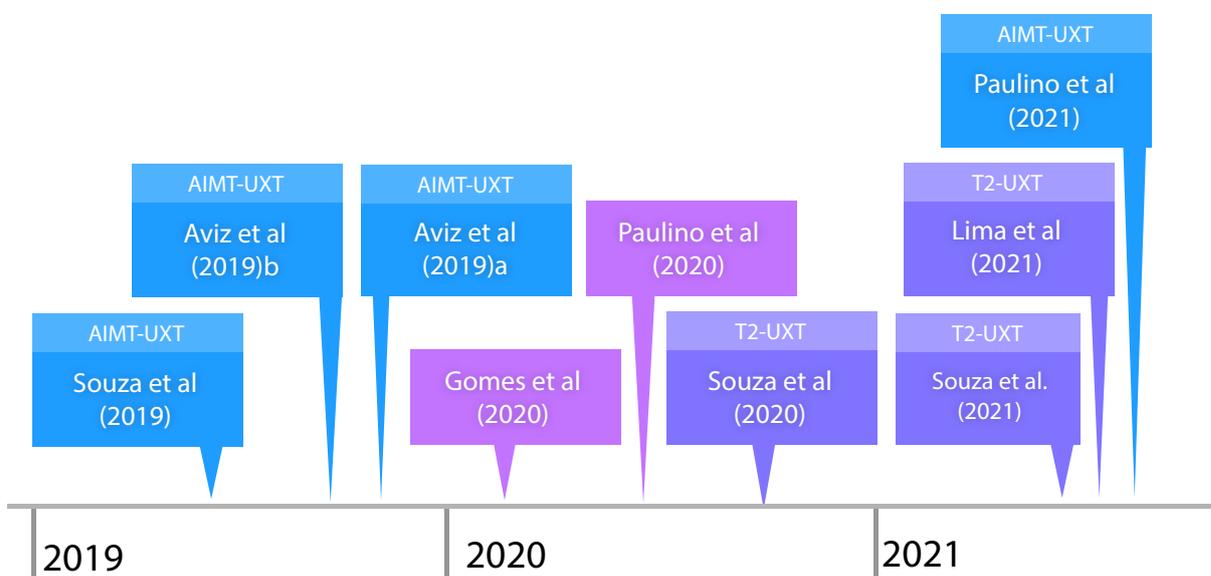


Figura 19 – (Linha cronológica apresentando todos os trabalhos publicados durante o período do mestrado.

Fonte: Autor

User Experience Evaluation using Mouse Tracking and Artificial Intelligence, IEEE Access, Publicado em **Julho de 2019** – apresenta o desenvolvimento da ferramenta *Artificial Intelligence and Mouse Tracking-based User eXperience Tool (AIMT-UXT)*; a validação em estudo de caso; a definição de um novo padrão de relacionamento de variáveis que determinam o comportamento do usuário; a construção de um sistema de inferência fuzzy para medir o desempenho do usuário a partir das variáveis definidas e dos dados capturados no estudo de caso; e a aplicação de um algoritmo de agrupamento para complementar a análise (SOUZA et al., 2019). À época deste trabalho, a ferramenta, oferecia rastreamento de *mouse*, artefatos de reprodução de sessão, mapa de calor, e análise de métricas.

Comparative study of user experience evaluation techniques based on mouse and gaze tracking. WEBMEDIA'19, publicado em **outubro de 2019** – propõe uma análise e confronto de os dados obtidos com as ferramentas AIMT-UXT para coletar os dados de rastreamento de *mouse* e SearchGaze.js para o rastreamento ocular. Além disso, os mapas de calor são usados para verificar se o rastreamento ocular acompanha o rastreamento do *mouse* (AVIZ et al., 2019b).

Metodologia baseada em agrupamento de rastreamento de *mouse* e olhar para melhoria da experiência do usuário, CBIC'19, publicado em **novembro de 2019** – propõe uma metodologia para capturar e analisar os dados de comportamento de um grupo de usuários e sugerir a adaptação de um sistema web, utilizando o método de clusterização k-means (AVIZ et al., 2019a). A implementação do rastreamento ocular iniciada na publicação anterior e posterior expansão que resultou no trabalho apresentado, motivou a mudança de nome para *Tracking*

*Techniques User eXperience Tool - T2-UXT*².

Cabanagem: Uma relação de identidade e modernidade no contexto amazônico, RSD, publicado em **fevereiro de 2021** – O trabalho discute a Cabanagem e a construção da identidade amazônica relacionados aos efeitos da modernidade no contexto do povo cabano. Metodologicamente, o artigo resulta de uma pesquisa bibliográfica e de discussões durante a disciplina obrigatória de epistemologia, do curso de mestrado em estudos antrópicos na Amazônia (GOMES et al., 2020).

Participação Popular no Ciberjornalismo: Avaliação de Comunidades Virtuais de Prática, +25 Perspectivas do Ciberjornalismo, publicado em **junho de 2020** – O trabalho apresenta uma abordagem à participação popular na produção e compartilhamento de informação em redes digitais, através de comunidades virtuais formadas no aplicativo WhatsApp. O estudo de caso apresentado tem como cenário um grupo de usuários do Conselho de Segurança do Bairro Coqueiros em Florianópolis - SC, que noticia e discute fatos cotidianos através do app, com a participação de moradores, integrantes do conselho do bairro, Polícia Militar, Guarda Municipal, Polícia Civil e Gestores Públicos (PAULINO et al., 2020).

T2-UXT: A Tool to Support Transparency Evaluation in Software Ecosystems Portals, SBES'21, publicado em **outubro de 2020** – apresenta a utilização da ferramenta T2-UXT em uma avaliação de características que contribuem para a transparência em portais de Ecossistema de Software (ECOS) da Apple e da Google, utilizando artefatos visuais e indicadores da experiência do usuário (SOUZA et al., 2020).

An Evaluation Framework for User Experience Using Eye Tracking, Mouse Tracking, Keyboard Input, and Artificial Intelligence: A Case Study, IJHC, publicado em **agosto de 2021** – estabelece uma estrutura que emprega métodos de rastreamento ocular e *mouse*, entrada de teclado, questionário de autoavaliação e algoritmos de inteligência artificial para avaliar a experiência do usuário e categorizar os usuários em termos de perfis de desempenho (SOUZA et al., 2021).

Analytical Model for Classifying Areas of Interest in Interactive Systems, HCI'21, publicado em **outubro de 2021** – propõe um modelo analítico que define a AOI baseada em objetos HyperText Markup Language (HTML) da interface do sistema e os classifica com base em um algoritmo que utiliza dados da ferramenta Tracking Techniques User Experience Evaluation Tool (T2-UXT) (LIMA et al., 2021).

Análise de Experiência de Usuário de narrativas transmídias através de mouse-tracking, Comunicação Inovação, publicado em **novembro de 2021** – apresenta um método sistemático para avaliação da experiência do usuário em narrativas transmídias, a partir de métricas obtidas através do rastreamento de *mouse* por meio da AIMT-UXT (PAULINO et al., 2021).

² <<https://youtu.be/BimrgBcntvk>>

7.3 Trabalhos futuros

Pretende-se investigar fatores adicionais que podem influenciar a UX e construir modelos adicionais baseados em algoritmos de Inteligência Artificial, incluindo mapas auto-organizáveis, para melhorar o agrupamento. Outros modelos de aprendizado de máquina serão empregados para comparar seus resultados. Além disso, planeja-se projetar uma nova versão da ferramenta, baseada completamente em Web, implementando novos métodos de captura de dados, como reconhecimento de voz e expressões faciais. Isso permitirá níveis de precisão cada vez maiores para inferência de UX, de forma que seja suficiente para permitir a implementação de adaptação automática de interfaces, visando prover UX satisfatória.

REFERÊNCIAS

- APTED, T.; COLLINS, A.; KAY, J. Heuristics to support design of new software for interaction at tabletops. In: CITESEER. **CHI Workshop on Multitouch and Surface Computing**. [S.l.], 2009.
- ARHIPAINEN, L. A tutorial of ten user experience heuristics. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (AcademicMindTrek '13), p. 336–337. ISBN 9781450319928. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2523429.2523491>>.
- AVIZ, I. et al. Metodologia baseada em agrupamento de rastreamento de mouse e olhar para melhoria da experiência do usuário. In: FERNANDES, B. J. T.; {Pereira Júnior}, A. (Ed.). **Anais do 14 Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional**. Curitiba, PR: ABRICOM, 2019. p. 1–8. ISBN 978-856997201-3.
- AVIZ, I. L. et al. Comparative study of user experience evaluation techniques based on mouse and gaze tracking. In: **Proceedings of the 25th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (WebMedia '19), p. 53–56. ISBN 9781450367639. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3323503.3360623>>.
- BADER, F.; SCHÖN, E.-M.; THOMASCHEWSKI, J. Heuristics considering ux and quality criteria for heuristics. **International Journal of Interactive Multimedia & Artificial Intelligence**, v. 4, n. 6, 2017.
- Banuenumah, W.; Sekyere, F.; Dotche, K. A. Field survey of smart metering implementation using a simple random method: A case study of new juaben municipality in ghana. In: **2017 IEEE PES PowerAfrica**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 352–357.
- BEVAN, N. Measuring usability as quality of use. **Software Quality Journal**, v. 4, n. 1, p. 115–130, 1995.
- BROOKE, J. Sus: A retrospective. **J. Usability Studies**, Usability Professionals' Association, Bloomington, IL, v. 8, n. 2, p. 29–40, fev. 2013. ISSN 1931-3357. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2817912.2817913>>.
- BROOKE, J. et al. Sus-a quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, London–, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996.
- BRYMAN, A. **Social Research Methods**. OUP Oxford, 2012. ISBN 9780199588053. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=vCq5m2hPkOMC>>.
- CARDIERI, G. de A.; ZAINA, L. M. Analyzing user experience in mobile web, native and progressive web applications: A user and hci specialist perspectives. In: **Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (IHC 2018). ISBN 9781450366014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3274192.3274201>>.
- CHAN, P. K. **A Non-Invasive Learning Approach to Building Web User Profiles**. 1999.
- CLAYPOOL, M. et al. Implicit interest indicators. In: **Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent User Interfaces**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2001. (IUI '01), p. 33–40. ISBN 1581133251. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/359784.359836>>.

- CRESWELL, J. **Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research**. Pearson, 2012. (Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research). ISBN 9780131367395. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=4PywcQAACAAJ>>.
- DERBOVEN, J.; GEERTS, D.; GROOFF, D. D. The tactics of everyday practice: A semiotic approach to appropriation. v. 29, p. 99–120, 01 2016.
- GILLHAM, B. **Developing a Questionnaire**. Bloomsbury Publishing, 2008. (Real World Research). ISBN 9781441154866. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=EpKvAwAAQBAJ>>.
- GOMES, D. R. et al. Cabanagem e a construção da identidade amazônica: efeitos da modernidade no contexto do povo cabano. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e98932581, fev. 2020. Disponível em: <<https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2581>>.
- GRAHAM, L. D. **Legal Battles That Shaped the Computer Industry**. USA: Quorum Books, 1999. ISBN 1567201784.
- HASSENZAHN, M.; TRACTINSKY, N. User experience - a research agenda. **Behaviour & Information Technology**, Informa UK Limited, v. 25, n. 2, p. 91–97, mar. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01449290500330331>>.
- HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation (3rd Edition)**. USA: Prentice-Hall, Inc., 2007. ISBN 0131471392.
- HEVNER, A. R. et al. Design science in information systems research. **MIS Q.**, Society for Information Management and The Management Information Systems Research Center, USA, v. 28, n. 1, p. 75–105, mar. 2004. ISSN 0276-7783.
- HOERL, A. E.; KENNARD, R. W. Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems. **Technometrics**, Taylor and Francis, v. 12, n. 1, p. 55–67, 1970. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00401706.1970.10488634>>.
- INOSTROZA, R. et al. Usability heuristics for touchscreen-based mobile devices. In: **2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 662–667.
- ISO. **ISO 9241-11:2018 - Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts**. International Organization for Standardization, 2018. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/63500.html>>.
- JIANG, X. et al. How we type: Eye and finger movement strategies in mobile typing. In: **Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (CHI '20), p. 1–14. ISBN 9781450367080. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3313831.3376711>>.
- KATERINA, T.; NICOLAOS, P. Mouse behavioral patterns and keystroke dynamics in end-user development. **Comput. Hum. Behav.**, Elsevier Science Publishers B. V., NLD, v. 83, n. C, p. 288–305, jun. 2018. ISSN 0747-5632. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.02.012>>.

- KIENTZ, J. A. et al. Heuristic evaluation of persuasive health technologies. In: **Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (IHI '10), p. 555–564. ISBN 9781450300308. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1882992.1883084>>.
- KIESLICH, P. J. et al. Mouse-tracking: A practical guide to implementation and analysis. Center for Open Science, out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.31234/osf.io/zuvqa>>.
- KOZA, J. R. et al. Automated design of both the topology and sizing of analog electrical circuits using genetic programming. In: _____. **Artificial Intelligence in Design '96**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1996. p. 151–170. ISBN 978-94-009-0279-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0279-4_9>.
- KUJALA, S.; MIRON-SHATZ, T. The evolving role of expectations in long-term user experience. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015. (AcademicMindTrek '15), p. 167–174. ISBN 9781450339483. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2818187.2818271>>.
- LAW, E. L.-C. et al. Understanding, scoping and defining user experience: A survey approach. In: . New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. (CHI '09), p. 719–728. ISBN 9781605582467. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1518701.1518813>>.
- LAW, E. L.-C.; SCHAIK, P. van. Modelling user experience – an agenda for research and practice. **Interacting with Computers**, Oxford University Press (OUP), v. 22, n. 5, p. 313–322, set. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.04.006>>.
- LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. Archives of Psychology, 1932. (A Technique for the Measurement of Attitudes, nos. 136-165). Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=9rotAAAAYAAJ>>.
- LIMA, D. T. et al. Analytical model for classifying areas of interest in interactive systems. In: **Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.]: Association for Computing Machinery, 2021. (IHC'21).
- LOGAN, R. J. Behavioral and emotional usability: Thomson consumer electronics. In: _____. **Usability in Practice: How Companies Develop User-Friendly Products**. USA: Academic Press Professional, Inc., 1994. p. 59–82. ISBN 0127512500.
- LÓPEZ, G. Análise da arquitetura de sites através de testes de estresse de navegação, usabilidade e rastreamento ocular. *The Information Professional*, p. 359–367, 2010.
- MAIA, M. A. Q.; BARBOSA, R. R. Metodologias de avaliação de sistemas de informação: Um estudo nas produções científicas dos campos de ciência da informação e sistemas de informação. **Múltiplos Olhares em Ciência da Informação**, v. 9, n. 2, jan. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/moci/article/view/19137>>.
- MARQUES, L. et al. Do scale type techniques identify problems that affect user eXperience? user experience evaluation of a mobile application (s). In: **Proceedings of the 30th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering**. KSI Research Inc. and Knowledge Systems Institute Graduate School, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.18293/seke2018-161>>.

MDN. **What Are Extentions**. Mozilla foundation, 2020. Acessado em: 2021-01-19. Disponível em: <<http://mzl.la/2KA9XFS>>.

MEIRELLES, F. S. **31ª Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas**. [S.l.]: Fundação Getúlio Vargas, 2020.

MIRON-SHATZ, T.; STONE, A.; KAHNEMAN, D. Memories of yesterday's emotions: Does the valence of experience affect the memory-experience gap? **Emotion**, American Psychological Association (APA), v. 9, n. 6, p. 885–891, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1037/a0017823>>.

MITCHELL, T. M. **Machine Learning**. New York: McGraw-Hill, 1997. ISBN 978-0-07-042807-2.

MUNIM, K. M. et al. Towards developing a tool for UX evaluation using facial expression. In: **2017 3rd International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT)**. IEEE, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/eict.2017.8275227>>.

MYERS, D. G. **Social Psychology**. McGraw-Hill Higher Education, 2010. ISBN 9780077121785. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=zzTzQwAACAAJ>>.

NAKAMURA, W. et al. Are generic UX evaluation techniques enough? a study on the UX evaluation of the edmodo learning management system. In: **Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2017)**. Brazilian Computer Society (Sociedade Brasileira de Computação - SBC), 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.1007>>.

NAKAMURA, W. T.; OLIVEIRA, E. H. T. de; CONTE, T. Negative emotions, positive experience: What are we doing wrong when evaluating the ux? In: **Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (CHI EA '19), p. 1–6. ISBN 9781450359719. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3290607.3313000>>.

NETO, E. V.; CAMPOS, F. F. C. Evaluating the usability on multimodal interfaces: A case study on tablets applications. In: MARCUS, A. (Ed.). **Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 484–495. ISBN 978-3-319-07668-3.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1990. (CHI '90), p. 249–256. ISBN 0201509326. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/97243.97281>>.

PAL, D. et al. A quantitative approach for evaluating the quality of experience of smart-wearables from the quality of data and quality of information: An end user perspective. **IEEE Access**, v. 7, p. 64266–64278, 2019.

PAPOUTSAKI, A.; LASKEY, J.; HUANG, J. Searchgazer: Webcam eye tracking for remote studies of web search. In: . [S.l.: s.n.], 2017. p. 17–26.

PAPOUTSAKI, A. et al. Webgazer: Scalable webcam eye tracking using user interactions. In: **AAAI. IJCAI'16: Proceedings of the 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence**. [S.l.], 2016. p. 3839–3845.

PAULINO, R. et al. Análise de uma narrativa transmídia através da experiência do usuário (ux). In: **Revista Comunicação Inovação**. [S.l.]: PPGCOM/USCS, 2021. p. 1–6.

PAULINO, R. et al. Participação popular no ciberjornalismo: avaliação de comunidades virtuais de prática em rede social. In: _____. **+25: Perspectivas do Ciberjornalismo**. [S.l.]: Ria Editorial, 2020. p. 203–228. ISBN 9789898971.

PENG, C.-F.; LIAO, W.-H. Evaluation of interactive data visualization tools based on gaze and mouse tracking. **2016 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)**, p. 431–434, 2016.

PIMENTA, A. A transmidialidade no projeto de bairro somos. In: **Anais do 42th Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**. [S.l.: s.n.], 2019.

RAJESHKUMAR, S.; OMAR, R.; MAHMUD, M. Taxonomies of user experience (UX) evaluation methods. In: **2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)**. IEEE, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/icriis.2013.6716765>.

RATHNAYAKE, N. et al. A framework for adaptive user interface generation based on user behavioural patterns. In: IEEE. **2019 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCOn)**. [S.l.], 2019. p. 698–703.

RENZI, A. B. Ux heuristics for cross-channel interactive scenarios. In: SPRINGER. **International Conference of Design, User Experience, and Usability**. [S.l.], 2017. p. 481–491.

RESMINI, A.; ROSATI, L. **Pervasive Information Architecture: Designing Cross-Channel User Experiences**. Elsevier Science, 2011. ISBN 9780123820952. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=ntWc13nSiNkC>.

ROKACH, L. **Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications**. World Scientific, 2008. (Series in machine perception and artificial intelligence). ISBN 9789812771728. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=G1KIIR78OxkC>.

Sari, J. N. et al. Evaluation of fixation duration accuracy in determining selected product on e-commerce. In: **2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 146–151.

SCHREPP, M.; HINDERKS, A.; THOMASCHEWSKI, J. Applying the user experience questionnaire (ueq) in different evaluation scenarios. In: MARCUS, A. (Ed.). **Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 383–392. ISBN 978-3-319-07668-3.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**. 3rd. ed. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1997. ISBN 0201694972.

SOLEIMANI, S.; LAW, E. L.-C. What can self-reports and acoustic data analyses on emotions tell us? In: **Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (DIS '17), p. 489–501. ISBN 9781450349222. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3064663.3064770>.

- SOUZA, K. E. S. et al. User experience evaluation using mouse tracking and artificial intelligence. **IEEE Access**, v. 7, p. 96506–96515, 2019.
- SOUZA, K. E. S. de et al. An evaluation framework for user experience using eye tracking, mouse tracking, keyboard input, and artificial intelligence: A case study. **International Journal of Human–Computer Interaction**, Taylor Francis, v. 0, n. 0, p. 1–15, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1960092>>.
- SOUZA, K. E. S. de et al. T2-uxt: A tool to support transparency evaluation in software ecosystems portals. In: **Proceedings of the 34th Brazilian Symposium on Software Engineering**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (SBES '20), p. 415–420. ISBN 9781450387538. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3422392.3422502>>.
- STATCOUNTER.COM. **Desktop Browser Market Share Brazil | StatCounter Global Stats**. 2021. Acessado em: 2021-01-08. Disponível em: <<http://bit.ly/3q6Evhh>>.
- TANJIM-AL-AKIB, M. et al. User-modeling and recommendation based on mouse-tracking for e-commerce websites. **2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)**, 2016.
- VÄÄNÄNEN-VAINIO-MATTILA, K.; WÄLJAS, M. Developing an expert evaluation method for user experience of cross-platform web services. In: **Proceedings of the 13th International MindTrek Conference: Everyday Life in the Ubiquitous Era**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. (MindTrek '09), p. 162–169. ISBN 9781605586335. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1621841.1621871>>.
- VAPNIK, V. N. **The nature of statistical learning theory**. [S.l.]: Springer-Verlag New York, Inc., 1995. ISBN 0-387-94559-8.
- YU, Q. et al. A hybrid user experience evaluation method for mobile games. **IEEE Access**, v. 6, p. 49067–49079, 2018.
- Zhang, X. et al. A complete system for analysis of video lecture based on eye tracking. **IEEE Access**, v. 6, p. 49056–49066, 2018. ISSN 2169-3536.

