



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Computação



JOSIANE ROSA DE OLIVEIRA GAIA PIMENTA

ACESSO EQUITATIVO EM AMBIENTES COMPUTACIONAIS UBÍQUOS:
INSTRUMENTO DE ESTUDO E AVALIAÇÃO

EQUITABLE ACCESS IN UBIQUITOUS COMPUTATION ENVIRONMENTS:
STUDY AND EVALUATION INSTRUMENT

Campinas
2023

JOSIANE ROSA DE OLIVEIRA GAIA PIMENTA

ACESSO EQUITATIVO EM AMBIENTES COMPUTACIONAIS UBÍQUOS:
INSTRUMENTO DE ESTUDO E AVALIAÇÃO

EQUITABLE ACCESS IN UBIQUITOUS COMPUTATION ENVIRONMENTS:
STUDY AND EVALUATION INSTRUMENT

Dissertação apresentada ao Instituto de
Computação da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos exigidos
para a obtenção do título de Mestra em Ciência
da Computação.

Orientadora: Prof^a Dra. Claudia Maria Bauzer Medeiros
Co-Orientadora: Prof^a Dra. Maria Cecília Calani Barauskas

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA
ALUNA JOSIANE ROSA DE OLIVEIRA GAIA
PIMENTA E ORIENTADA PELA PROF^a DRA.
CLAUDIA MARIA BAUZER MEDEIROS.

Campinas
2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica
Ana Regina Machado - CRB 8/5467

P649a Pimenta, Josiane Rosa de Oliveira Gaia, 1991-
Acesso equitativo em ambientes computacionais ubíquos : instrumento de estudo e avaliação / Josiane Rosa de Oliveira Gaia Pimenta. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Claudia Maria Bauzer Medeiros.
Coorientador: Maria Cecília Calani Baranauskas.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

1. Interação humano-máquina. 2. Computação ubíqua. 3. Acessibilidade. 4. Design de interação. I. Medeiros, Claudia Maria Bauzer, 1954-. II. Baranauskas, Maria Cecília Calani, 1954-. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. IV. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Equitable access in ubiquitous computational environments : study and evaluation instrument

Palavras-chave em inglês:

Human-machine interaction

Ubiquitous computing

Accessibility

Interaction design

Área de concentração: Ciência da Computação

Titulação: Mestra em Ciência da Computação

Banca examinadora:

Maria Cecília Calani Baranauskas [Coorientador]

Kamila Rios da Hora Rodrigues

Ariadne Maria Brito Rizzoni Carvalho

Data de defesa: 28-04-2023

Programa de Pós-Graduação: Ciência da Computação

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7353-2321>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8065798456363697>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Computação

Josiane Rosa De Oliveira Gaia Pimenta

Acesso Equitativo em Ambientes Computacionais Ubíquos: Instrumento de
Estudo e Avaliação

Banca Examinadora:

- Prof^a Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas
Instituto de Computação - UNICAMP
- Prof^a Dra. Kamila Rios da Hora Rodrigues
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - USP
- Prof^a Dra. Ariadne Maria Brito Rizzoni Carvalho
Instituto de Computação - UNICAMP

A ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/ Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria da Unidade.

Campinas, 28 de Abril de 2023.

Dedicatória

Dedico este trabalho com todo amor a Deus e a minha família: meu esposo Lucas, minha mãe Anivair, meu pai José Antônio, meu avô Adalberto, minha avó Rosa (*in memoriam*), minha vovó Zilda e meu avô Orlando (*in memoriam*). Dedico também ao Airton Augusto, que é um segundo pai para nossa família.

Agradecimentos

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Projeto Temático Sistemas Socioenativos processo #2015/16528-0 do qual esta pesquisa faz parte. Parte da pesquisa foi financiada pelos projetos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), #428459/2018-8 e #308018/2021-4 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), #2013/08293-7. Agradeço ao Instituto Federal de São Paulo – IFSP pelo apoio à realização de minha pesquisa.

Agradeço a Deus por me permitir voltar a estudar e realizar o sonho do mestrado. Agradeço também a Nossa Senhora, minha Mãe do céu. Agradeço a minha família: Anivair (mãe), José (pai) e Lucas (esposos). Vocês me deram forças para superar cada dificuldade e para conseguir chegar até aqui. Amo vocês de todo o meu coração. Agradeço aos nossos cães Duque e Meg e aos nossos gatinhos Francis e Agatha Christie, que sempre me fazem companhia durante meus estudos. Aos meus avós Adalberto e Zilda e a toda a nossa família que ora por nós. Agradeço também ao Ailton Augusto, meu pai de coração que sempre acolheu a nossa família. Agradeço aos meus amigos e a todos que torceram, apoiaram, ajudaram na realização desta pesquisa. Agradeço a família do cenáculo por todas as orações.

Quero agradecer com carinho ao Professor Claudio, meu professor da pré-escola em 1996, que em meu aniversário me presenteou com um rádio em formato de computador. Esse foi o primeiro passo para minha profissão. Quero também agradecer a Professora Claudia por sua palestra “Mulheres na Computação”, na Unicamp Portas Abertas em 2008, momento em que eu decidi a profissão que queria seguir em minha vida. Em 2020 ela se tornou minha orientadora.

Agradeço às minhas orientadoras, as Professoras Claudia e Cecília por sempre acreditarem em meu potencial, por me guiarem e me aconselharem para chegarmos juntas até aqui, e por me ajudarem a levantar a cabeça e seguir em frente, mesmo com as dificuldades que se apresentaram em minha vida.

Agradeço também por me aceitarem na continuidade para o doutorado. Que esta nova fase seja simplesmente incrível. Agradeço aos meus colegas do grupo InterHAD, aos Professores, aos meus colegas de trabalho e a toda a equipe do Instituto de Computação, que sempre está pronta para nos ajudar.

“Peço-lhes que acompanhem a formação das novas gerações, ensinando-lhes a não ter medo do esforço de pesquisa. Também o Mestre se faz procurar: Ele infunde em todos a certeza de que quando se busca com honestidade se encontra a verdade. Esta mudança de época precisa de novos discípulos do conhecimento, e vocês, queridos cientistas, são os mestres de uma nova geração de construtores de paz”.

Mensagem do Papa Francisco ao Encontro Internacional de cientistas "A Ciência pela Paz" 02 de Julho de 2021.

Resumo

A Computação Ubíqua tem trazido novos desafios para o design de cenários para interações pessoa-tecnologias. Os ambientes de computação ubíqua podem conter sensores e atuadores tangíveis e outras tecnologias interconectadas, levando a uma diversidade de possibilidades de interação. Apesar de pesquisas consideráveis em padrões formais de acessibilidade, trabalhos relacionados quase não os investigam nos ambientes de computação ubíqua. Nós investigamos meios de analisar o acesso equitativo em ambientes ubíquos baseados em dois instrumentos formais: o W3C-WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines do World Wide Web Consortium*) e os Princípios e *guidelines* Design Universal (DU). Como resultado, produzimos um instrumento de avaliação chamado UbiAccess. Nós aplicamos o instrumento em estudos de caso incluindo a simulação de um cenário de interação remota devido às restrições da pandemia do Covid-19. Nossa pesquisa também investigou um caso de uma criança diagnosticada com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e um caso de uma criança diagnosticada com Transtorno de Espectro Autista (TEA).

Abstract

Ubiquitous Computing has brought new challenges to the design of people-technology interaction scenarios. Ubiquitous computing environments may contain sensors and actuators, tangibles and other interconnected technologies, resulting in a diversity of interaction possibilities. Despite research considering formal accessibility standards, related works pay little or no attention to investigate ubiquitous computing. We, in contrast, investigate means of analyzing equitable access in ubiquitous computing environments based on two formal standards: W3C-WCAG (Web Content Accessibility Guidelines do World Wide Web Consortium) and the Universal Design Principles (UD). As a result, we generated an evaluation instrument called UbiAccess. We applied the instrument in case studies, including a simulation of a remote interaction scenario due to the Covid-19 pandemic. Our research also investigated a case of an Autistic Spectrum Disorder (ASD) child and another including a child diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-1: Metodologia da Pesquisa da Dissertação	19
Figura 1-2: Resultados do Protocolo PRISMA para o Mapeamento Sistemático	23
Figura 2-1 : Methodological steps followed in the Research	37
Figura 2-2: UbiAccess areas and percentage of coverage by Universal Design and WCAG.....	39
Figura 2-3: (left) Temporário – children hiding from the installation; (right) Memozão - a child interacting while being observed by a peer and parents.	43
Figura 2-4: a) - Memozão textures; b) memes representing the emotion of anger; c) memes of happiness.	44
Figura 2-5: Radar chart from the case study results.....	46
Figura 3-1: 1) criança na oficina Aquarela; 2) brinquedos construídos pelas crianças; 3) Luan e Professora Kelly com o castelo; 4) Avatares na tela de login; 5) Animação do barco; 6) animação do avião, os avatares panda e coelho e a animação do emoji feliz; 7) animação do pingo de tinta, gaivota e avatares; e 8) Luan e Professora Kelly com os <i>emojis</i> calmo e sonolento.	62
Figura 3-2: Desenho da disposição das mesas e participantes no cenário remoto.	63
Figura 3-3: Mapa temático - análise da oficina Aquarela Virtual	64
Figura 4-1: Logo do instrumento de avaliação UbiAccess	73
Figura 4-2: Fluxo para realizar a avaliação do UbiAccess	73

LISTA DE TABELAS

Table 2-1: The UbiAccess evaluation instrument, in which recommendations are grouped according to their area	40
Table 2-2: Conformance evaluation results for the installations	45
Table 2-3: Temporário and Memoção missing conformance aspects	47
Tabela 3-1: Emojis dos Estados Afetivos do Aquarela Virtual [46].....	62
Tabela 3-2: Temas e número de ocorrências.....	65
Tabela 3-3: Resultados de não conformidade gerados pela avaliação com UbiAccess	66
Tabela 4-1: Formulário para Avaliadores do UbiAccess	74
Tabela 4-2: Pergunta 5 - As áreas do UbiAccess cobriram todos os elementos que deveriam ser avaliados nos cenários?	75
Tabela 4-3: Pergunta 6 - As recomendações do UbiAccess cobriram todos os elementos de cada área avaliada nos cenários?	75
Tabela 4-4: Pergunta 7 - Como você considera a utilização do UbiAccess (Usabilidade, acessibilidade, utilidade)?	75
Tabela 4-5: Pergunta 8 - Outras observações do avaliador	76
Tabela 4-6: Levantamento sobre desafios para o UbiAccess apontados em estudos anteriores	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADHD – *Attention Deficit Hyperactivity Disorder*

ASD – *Autistic Spectrum Disorder*

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DU – Princípios do Design Universal

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

HCI – *Human Computer Interaction*

IFSP – Instituto Federal de São Paulo

IHC – Interação Humano Computador

IoT – *Internet of Things*

SBC – Sociedade Brasileira de Computação

SDG – *Sustainable Development Goals*

REDU – Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp

TDAH – Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade

TEA – Transtorno de Espectro Autista

UD – *Universal Design Principles*

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

W3C – World Wide Web Consortium

WCAG – Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução	16
1.1. Perguntas de Pesquisa.....	18
1.2. Objetivos e Metodologia	18
1.3. Trabalhos Relacionados	22
1.4. Gestão de Dados	25
1.5. Estrutura da Dissertação	25
Capítulo 2 - UbiAccess: an Instrument to Assess System Access in Ubiquitous Scenarios	29
2.1 Introduction	29
2.2 Background and Related Work	31
2.3 Methodology	36
2.4 Building UbiAccess - An Instrument To Analyze Access In Ubiquitous Environments.....	37
2.5 A Case Study On Access Analysis Through The Ubiaccess Instrument	41
2.5.1 Context and Participants	41
2.5.2 Method and Procedures	44
2.5.3 Preliminary Results	44
2.6 Synthesis and Discussion	48
2.7 Conclusion and Further Research	53
Capítulo 3 - Interação Remota no Aquarela Virtual: um estudo de caso com criança diagnosticada com TDAH	55
3.1. Introdução	55
3.2. Domínio do Problema e Trabalhos Relacionados.....	57
3.3. Estudo de Caso	60
3.3.1 Contexto e Participantes	60
3.3.2 Metodologia.....	61
3.3.3 Materiais e Métodos	61
3.3.4 Resultados	63
3.4. Discussão	67
3.5. Conclusão	68
Capítulo 4 - Avaliando o UbiAccess - e seu potencial de avaliar acesso em ambientes baseados em computação ubíqua	69
4.1. Introdução.....	69
4.2. Domínio do Problema, Trabalhos Relacionados e Método.....	71
4.3. Estudo de caso	72
4.3.1. Contexto e Participantes	72
4.3.2. Materiais e Métodos	73
4.3.3. Resultados	74
4.4. Discussão	78
4.5. Considerações finais.....	79
Capítulo 5 – Discussão e Conclusões	81
Apêndice I – Resumo Expandido HCII 2023: Access Evaluation in Ubiquitous Computing Environments: A Systematic Mapping.....	84
Apêndice II: Access in a Remote Socioenactive Scenario: a Case Including Autistic Spectrum Disorder Issues.....	85
6.1. Introduction	85
6.2. Research Domain and Related Work.....	88

6.2.1. Related Work	89
6.3. Methodology	91
6.3.1 UbiAccess Evaluation Instrument.....	92
6.3.2 Thematic Analysis	94
6.3.3 Question Based Activities.....	94
6.4. Case Study	96
6.4.1 Context and Participants	96
6.4.2 Aquarela Virtual.....	98
6.4.3 Results	101
6.5. Discussion	106
6.6. Conclusion and future work	107
Apêndice III – Concurso de Fotografia da SBC.....	109
Apêndice IV – Autorizações das Editoras	110
Referências	113

Capítulo 1 - Introdução

A Computação pode ser compreendida em três eras distintas: 1ª) Era dos Mainframes: o conhecimento e o acesso aos computadores era restrito a um pequeno número de pessoas; 2ª) Era dos computadores pessoais: popularização do acesso a computadores pessoais, tanto no trabalho quanto para uso doméstico, assim como acesso à web; e 3ª) Era da computação ubíqua: tecnologias contemporâneas que buscam uma interação com maior transparência entre usuário e dispositivo [1]. A computação ubíqua como proposta por Weiser [2] possui dispositivos espalhados no ambiente, em diferentes formas e tamanhos, trabalhando interconectados, possibilitando a interação de forma mais transparente entre o usuário e o dispositivo. Alguns exemplos de tecnologias ubíquas são: Internet das Coisas (IoT), *tangibles*, *wearables*, *pervasive computing* [3].

Os ambientes de computação ubíqua têm ganhado espaço na sociedade. Para ilustrar um ambiente, vamos descrever dois cenários “*in the wild*”. O primeiro é uma enfermaria inteligente [4] onde um quarto de hospital recebeu vários sensores para captura de dados fisiológicos, movimentação, conversas, tempo de descanso na cama, fornecendo relatórios aos médicos sobre o paciente, ou seja, se ele teve atividades sociais com o acompanhante, se foi ao banheiro, se ficou muito ou pouco tempo deitado na cama, se utilizou o chuveiro. Notar que a pesquisa levou também em consideração a privacidade do paciente quanto ao processamento dos dados. Esta instalação foi realizada durante dois meses em um hospital de grande porte. Outro cenário aconteceu em Londres nas Olimpíadas de 2012 [5] onde um Kinect, um sensor de captura de dados fisiológicos em forma de acessório para a orelha e um computador capturavam dados dos movimentos e batimentos cardíacos dos participantes, exibindo diferentes apresentações de luz no monumento London Eye, conforme o movimento e as emoções do participante.

Considerando que a computação ubíqua já é uma realidade no cotidiano das pessoas, é preciso garantir que todas as pessoas tenham acesso a esses ambientes tecnológicos. Com o passar dos anos, cada vez mais as pessoas com deficiência têm lutado por seus direitos e conquistado seu espaço. A inclusão é

uma preocupação global; todavia, ainda há muito a ser trabalhado nas várias esferas da humanidade para que possamos atingir o acesso necessário. Segundo as Nações Unidas [6, p. 13], uma sociedade inclusiva beneficia a todos os indivíduos e deveria dar suporte às necessidades individuais de cada pessoa. Os requisitos de acessibilidade devem ser previstos em qualquer criação, seja de lugares, espaços, itens ou serviços. Quando esse acesso é atingido, a sociedade como um todo é beneficiada, e não somente as pessoas com deficiência. Consideremos por exemplo a pesquisa de Hayashi e Baranauskas [7]; as autoras analisaram aspectos de acessibilidade em museus e observaram que há museus com falta de itens básicos de acessibilidade, como pisos táteis. As autoras também apontaram a necessidade de investigar o acesso com relação às tecnologias emergentes, como a computação ubíqua.

Os *Sustainable Development Goals* (SDG)¹ da Agenda Sustentável 2030 proposta pelas Nações Unidas abordam a inclusão em diferentes objetivos e metas propostos. O acesso universal é também um dos sete grandes desafios de IHC [8]. Além disso, tanto o acesso universal quanto a computação ubíqua fazem parte dos desafios de pesquisa de IHC no Brasil [9]. Somado a todos esses aspectos, esta pesquisa foi conduzida durante a pandemia do Covid-19, trazendo novos desafios de pesquisa relacionados às interações remotas e a pessoas com deficiência.

Considerando as diversas possibilidades de interação criadas pela computação ubíqua e a necessidade de prover o acesso equitativo a todas as pessoas, este trabalho explorou os conceitos envolvidos no provimento de acesso equitativo em cenários de computação ubíqua, cooperando com os SDGs. A pesquisa faz parte do Projeto Temático FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) intitulado “Sistemas Socioenativos: Investigando novas dimensões no design da interação mediada por tecnologias de informação e comunicação”² Processo #2015/16528-0, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE 72413817.3.0000.5404). O Projeto Sistemas Socioenativos possui o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e os

¹ SDG: <https://sdgs.un.org/goals>

² <https://socioenactive.ic.unicamp.br/>

Termos de Assentimento ajustados de acordo com a idade dos participantes. Os arquivos estão disponíveis no Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp [10].

Os Sistemas Socioenativos são instâncias de ambientes de computação ubíqua onde as três dimensões (Social, Física e Digital) influenciam e são influenciadas umas pelas outras, gerando interações únicas em cada momento [11]. Relembrando os exemplos anteriores, na enfermaria inteligente os sensores são a parte Digital, a cama e os objetos do quarto, a parte Física e a interação entre paciente, médicos e acompanhante fazem parte da dimensão Social. Em nosso trabalho levamos em conta estas três dimensões para melhor compreender o acesso nos ambientes ubíquos.

1.1. Perguntas de Pesquisa

Os padrões formais de avaliação de acesso à tecnologia não foram projetados para avaliar a diversidade das interações possibilitadas pelos ambientes de computação ubíqua. Como padrões formais levantamos os 7 Princípios de Design Universal e o W3C-WCAG, os quais são apresentados na Seção 2. Nesta pesquisa investigamos a versão estável do WCAG: 2.1. Acrescentamos que está em rascunho o WCAG 3.0 que promete a cobertura de tecnologias *wearables* e deficiências cognitivas. Todavia, consideramos que o rascunho não traria informações consistentes para nossa pesquisa, já que ele pode ser completamente mudado pela comunidade até o seu lançamento. Considerando a problemática do acesso, esta pesquisa se propôs a responder às seguintes perguntas:

P1: É possível criar um instrumento de avaliação de acesso para ambientes de computação ubíqua com base nos padrões formais de acessibilidade?

P2: O instrumento criado é capaz de cobrir as três dimensões: Física, Digital e Social?

1.2. Objetivos e Metodologia

O objetivo geral deste trabalho foi o desenvolvimento de um instrumento para apoiar a avaliação do acesso equitativo em ambientes ubíquos, baseado

em princípios formais de avaliação já existentes e sua aplicabilidade no contexto da ubiquidade. Adicionalmente, o instrumento desenvolvido visou ser aplicado no contexto dos cenários do Projeto Sistemas Socioenativos. Para esta pesquisa, foi considerada a análise dos dados (e.g., vídeos, fotos) de dois tipos de cenário – presenciais e remoto. Os dados de cenários presenciais do Projeto Sistemas Socioenativos, em oficinas que ocorreram antes do início desta pesquisa de mestrado (2018 e 2019). Os dados do cenário remoto foram obtidos do Projeto Aquarela Virtual, do qual esta pesquisa participou no desenvolvimento da ferramenta e na realização das oficinas.

A Figura 1-1 apresenta a metodologia da pesquisa realizada nesta dissertação. A dissertação está estruturada como coletânea de artigos, detalhada na Seção 1.5.

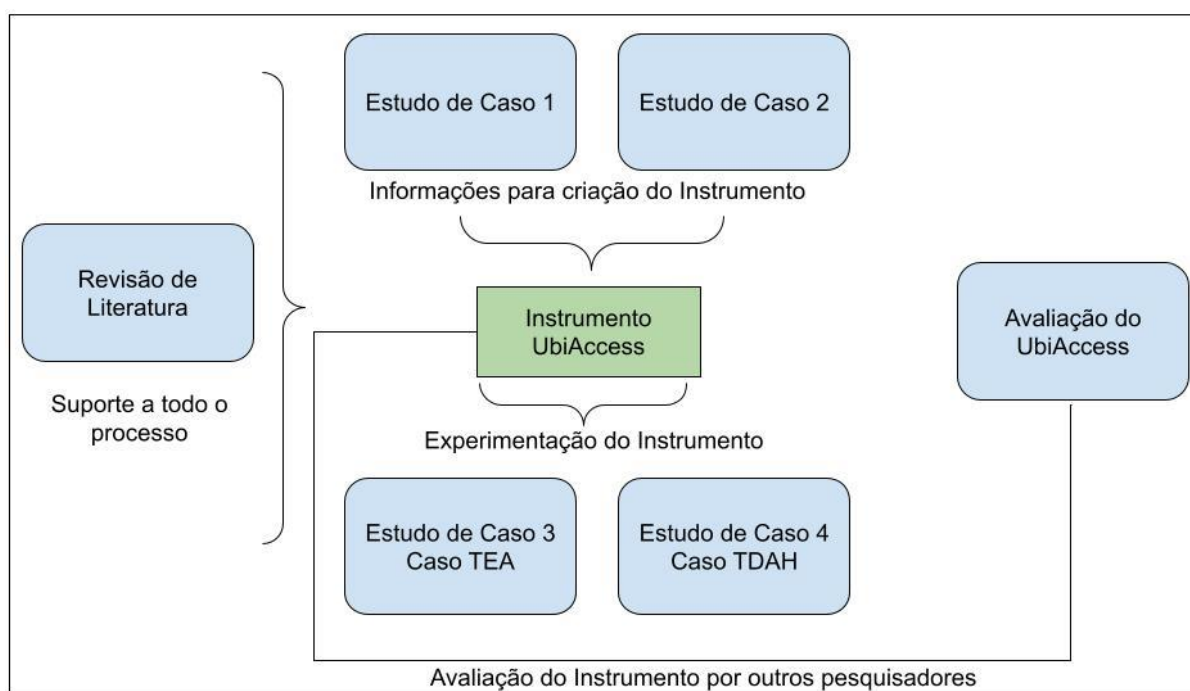


Figura 1-1: Metodologia da Pesquisa da Dissertação

A Revisão de Literatura acompanhou o desenvolvimento do trabalho e forneceu suporte para todo o processo de desenvolvimento das ferramentas. Realizamos quatro estudos de caso. O primeiro [12] avaliou apenas a aplicabilidade dos Princípios do Design Universal (DU) e do W3C-WCAG 2.1 para os ambientes de computação ubíqua, utilizando os artefatos da oficina A

Magia da Ciência [13]. Sobre esse estudo consta nesta dissertação apenas sua referência de publicação. Nele nós aplicamos os princípios dos dois padrões para verificar se obteríamos informações sobre o acesso equitativo nos artefatos de computação ubíqua estudados. Com isso, concluímos que eles contribuíam, mas que era necessária uma análise aprofundada das *guidelines* e critérios de sucesso para realmente compreender o que era ou não aplicável para avaliação de cenários ubíquos.

O segundo estudo de caso [14], [15] aprofundou a análise verificando as *guidelines* do DU e as *guidelines* e critérios de sucesso do WCAG. Como fruto da análise, identificamos as recomendações e as áreas onde estas foram agrupadas. O resultado foi o instrumento UbiAccess (*Table 2-1: The UbiAccess evaluation instrument, in which recommendations are grouped according to their area do Capítulo 2*). Ele é apresentado em forma de tabela onde o avaliador observa a recomendação e verifica se no cenário avaliado está ou não em conformidade com a recomendação. Está disponível eletronicamente Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp [10] em versões PDF e Excel. O Capítulo 2 detalha o UbiAccess. O instrumento foi experimentado usando dados de duas instalações desenvolvidas pela equipe de pesquisadores do Projeto Sistemas Socioenativos antes do início desta pesquisa: Memocão e Temporário [13], [16], ambos presenciais. O estudo possibilitou aplicar melhorias no instrumento e obter resultados sobre o acesso equitativo das instalações. Concluímos que o instrumento pôde avaliar os cenários, mas que ainda havia aspectos a serem observados, avaliados e trabalhados.

Segundo Lazar et al. [17, p. 4] tópicos de pesquisa em IHC também envolvem a exploração da diversidade de usuários e como os diversos usuários interagem com a tecnologia. No contexto de pessoas com deficiência, nossa pesquisa pôde analisar dois casos: um caso de Transtorno de Espectro Autista (TEA) e outro de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Estes casos foram realizados no contexto da pandemia do Covid-19, dentro das restrições sanitárias associadas e contando com uma simulação de ambiente remoto dentro do contexto escolar. Utilizamos os estudos de caso e a Análise Temática [18] para melhor compreender a interação destes dois casos específicos com um cenário ubíquo projetado e desenvolvido no Projeto

Sistemas Socioenativos para um ambiente remoto. A análise temática é um método que realiza primeiro a transcrição dos vídeos, e em seguida a codificação da transcrição. Da codificação emergem os temas frequentes. O processo é repetido e os temas são refinados, até se chegar a um mapa temático final. O Capítulo 3 e o Apêndice II descrevem e aplicam este método.

Com a pandemia do Covid-19, o Projeto Socioenativo desenvolveu o sistema Aquarela Virtual [19]–[21], que buscou promover um cenário de ubiquidade com interações remotas. O cenário é detalhado na Seção 3.3.3 Materiais e Métodos. Este cenário foi utilizado para avaliar os dois casos citados anteriormente, das crianças diagnosticadas com TEA e com o TDAH. O terceiro estudo de caso aprofunda a pesquisa que foi realizada com o caso da criança TEA e é apresentado no Apêndice II. Neste estudo avaliamos as interações da criança utilizando o Mapa Temático, analisamos a atividade de avaliação realizada com o grupo de crianças, analisamos a entrevista com a professora e as áreas do UbiAccess. Observamos que neste caso e neste cenário a criança conseguiu fazer sentido da experiência.

O Estudo de caso 4 [22], apresentado no Capítulo 3, utilizou o mesmo cenário (Aquarela Virtual) e avaliou as recomendações do UbiAccess, comparando os resultados com o Mapa Temático da interação da criança diagnosticada com TDAH. Observamos que apesar do mesmo cenário e da mesma idade das crianças houve aspectos de não cobertura do UbiAccess. Esses aspectos tanto forçam ou diferenciam-se de aspectos não cobertos encontrados nos estudos de caso 1 e 2, em cenários de interação presenciais.

Experimentamos o UbiAccess tanto em cenários presenciais (Estudos de caso 1 e 2) quanto em cenários com simulação de situação remota, e participação de um caso de criança com TEA e um caso de criança com TDAH (Estudos de caso 3 e 4). Em ambos observamos que o instrumento foi capaz de fazer a avaliação do acesso e apresentar melhorias nos cenários. Por outro lado, os estudos apresentaram aspectos ainda não cobertos pelo instrumento. Realizamos também uma avaliação (Capítulo 4) com pesquisadores da área da computação, dentro e fora da área de Interação Humano Computador (IHC) e que não participaram do desenvolvimento do UbiAccess. Os avaliadores

aplicaram o UbiAccess para avaliar dois cenários ubíquos disponíveis na literatura. Em seguida, preencheram um questionário sobre o UbiAccess, trazendo novas perspectivas sobre o instrumento. Ele foi bem recebido e bem avaliado, recebendo também sugestões de melhoria.

1.3. Trabalhos Relacionados

Um Mapeamento Sistemático da Literatura para levantar o estado da arte em temas envolvidos no trabalho está em curso. Ele teve o resumo pré-aprovado para a conferência 25th International Conference On Human-Computer Interaction (HCII 2023), no evento UAHCI: 17th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. O artigo está intitulado como “*Access Evaluation in Ubiquitous Computing Environments: A Systematic Mapping*”. Embora não tenha sido dada continuação ao trabalho completo, o Apêndice I apresenta o resumo expandido correspondente.

O Mapeamento Sistemático utiliza o Protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) [23]. Utilizamos três fontes de dados para o mapeamento: ACM DL, IEEE e Scopus. Como ferramenta de apoio utilizamos o Parsifal³. A Figura 1-1 apresenta os resultados da aplicação do PRISMA. Encontramos 1132 artigos utilizando a seguinte *string* de busca:

(“ubiquitous computing” OR “ubiquitous environments”) AND (“universal access” OR “universal design” OR “equitable access” OR “accessibility”) AND (“framework” OR “guideline” OR “evaluation” OR “instrument”)

A primeira parte da *string* se refere aos ambientes ubíquos onde nossa pesquisa se aplica. A segunda parte acrescentou os temas relacionados ao acesso equitativo. Por fim a última parte buscou instrumentos associados ao nosso tema. Inicialmente foram encontrados 1132 artigos, dos quais apenas 51 estudos foram selecionados, seguindo os critérios de exclusão que foram definidos no estudo. Destacamos que nosso primeiro artigo sobre o UbiAccess [15] foi um dos estudos encontrados. A pesquisa de dos Santos [24],

³ Parsifal – Ferramenta Online e gratuita para gerenciar revisões sistemáticas (<https://parsif.al/>)

apresentada abaixo também foi um dos trabalhos encontrados. A maioria dos 51 artigos é voltada para deficiências específicas, poucos abrangem o acesso equitativo como um todo. Os dados desta revisão estão disponíveis em [25].

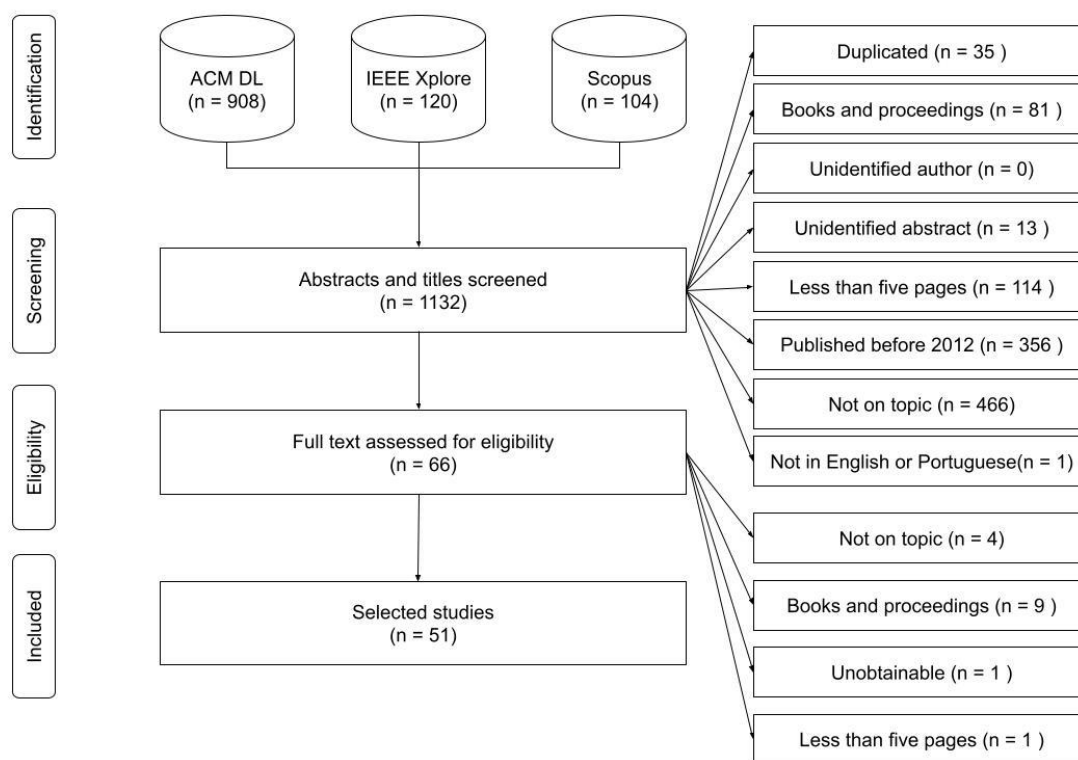


Figura 1-2: Resultados do Protocolo PRISMA para o Mapeamento Sistemático

Todos os capítulos apresentados nesta dissertação possuem o seu próprio levantamento de trabalhos relacionados. A seguir, acrescentamos alguns trabalhos que se relacionam com esta pesquisa: a) [26]; b) [27]; c) [28]; e d) [29].

A pesquisa de dos Santos [26] foi realizada anteriormente a esta pesquisa e criou *guidelines* para avaliação de Sistemas Socioenativos. Em seu trabalho de mestrado, a autora propõe um conjunto de *guidelines* com base nos princípios do Design Universal e as Heurísticas para Interfaces Naturais, considerando cinco aspectos dos Sistemas Socioenativos: Autonomia, Acoplamento, *Embodiment*, Emocional e Social. Na segunda parte de seu estudo a autora faz uma avaliação do acesso universal, de acordo com uma das cinco dimensões escolhidas anteriormente. Nosso trabalho se diferencia do trabalho que ela

apresenta ao colocar o foco nos ambientes de computação ubíqua, partindo da avaliação dos *guidelines* do Design Universal e do W3C-WCAG. Esse último corresponde à segunda era da computação: a web, portanto experimentamos utilizá-lo para verificar como a segunda era poderia influenciar a terceira era (computação ubíqua). Como resultado, obtivemos cinco áreas de avaliação diferentes das áreas cobertas pelo estudo anterior.

Com relação à pesquisa de Gonçalves et al. [27], o estudo se aprofunda no W3C-WCAG e nas soluções propostas para o contexto de computação ubíqua e pessoas com deficiência. A pesquisa dos autores identificou uma falta de instrumentos de avaliação de acessibilidade que cobrissem todas as deficiências; geralmente elas são focadas em apenas um tipo específico da deficiência (motora, auditiva, visual). Nesse sentido, nosso trabalho contribuiu avaliando uma versão mais atualizada no WCAG (2.1) e combinando as *guidelines* e critérios de sucesso em uma análise aprofundada, de modo a encontrar o que seria adequado para a avaliação de ambientes ubíquos.

O trabalho de Beda et al. [28] foi desenvolvido no contexto de avaliação de acessibilidade e a pandemia de Covid-19. Esse trabalho é voltado para o acesso universal em Ambientes de Aprendizagem Virtual (AVA), que foram adotados emergencialmente e sem nenhum preparo para docentes e estudantes com deficiências. Os autores fizeram um mapeamento sistemático que gerou critérios de acessibilidade para as plataformas AVA, mostrando para quais deficiências eles se aplicam. Os Critérios se dividem em Design de Conteúdo Audiovisual e Verbal e Design Visual. Este trabalho, apesar de não avaliar o W3C-WCAG, mostrou critérios que estão contidos nas recomendações do instrumento UbiAccess, mostrando também para quais tipos de deficiência elas se aplicam. Embora a finalidade de nossas contribuições seja diferente (AVA e ambientes de computação ubíqua) é importante observar que a acessibilidade possui critérios gerais, como recursos multimídia, que aparecem em ambos os instrumentos e que atingir o acesso equitativo é um desafio em diversas áreas.

Por fim, o trabalho de Belarmino et al. [29] apresenta critérios de avaliação do acesso universal para jogos. Atualmente os jogos possuem uma ampla gama de opções de interação, incluindo as interações através de objetos de

computação ubíqua (e.g. Kinect, volantes). No entanto, a acessibilidade no contexto de jogos é um desafio. Este trabalho apresentou os critérios necessários para acessibilidade e para qual deficiência eles foram aplicados. Assim como no trabalho anterior [28], os critérios levantados também fazem parte das recomendações do UbiAccess. Nossa contribuição se diferencia por buscar o acesso equitativo em ambientes completamente ubíquos, enquanto os jogos podem ou não utilizar recursos de computação ubíqua.

1.4. Gestão de Dados

Os dados desta pesquisa [10], [25] que já foram publicados em conferências e *journals* estão disponíveis no Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp - REDU⁴. Os dados referentes às oficinas coletivas do Projeto Sistemas Socioenativos utilizados nesta pesquisa (Aquarela Virtual, *Deep Time*, *The Magic of Science*) estão em processo de publicação na plataforma REDU e poderão ser encontrados através da palavra-chave “*socioenactive*”.

Pimenta, Josiane Rosa de Oliveira Gaia;Duarte, Emanuel Felipe;Baranauskas, Maria Cecilia Calani;Medeiros, Claudia Maria Bauzer, 2023, "Dataset associated with UbiAccess - equitable access evaluation instrument for ubiquitous environments", <https://doi.org/10.25824/redu/HSPSJT>, Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp, V1

Pimenta, Josiane Rosa de Oliveira Gaia;Duarte, Emanuel Felipe;Baranauskas, Maria Cecilia Calani, 2023, "Dataset associated with master research: systematic mapping of evaluation tools for ubiquitous computing environments", <https://doi.org/10.25824/redu/CRRSXT>, Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp, V1

1.5. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada no formato de coletânea de artigos. O Capítulo 2 apresenta a análise aprofundada das *guidelines* do Design Universal e das *guidelines* e critérios de sucesso do W3C-WCAG 2.1 (versão estável disponível na data de realização do estudo). O capítulo apresenta a análise de aplicabilidade de cada um dos itens e seu agrupamento em recomendações e em cinco áreas, gerando o instrumento de avaliação UbiAccess.

⁴ <https://redu.unicamp.br/>

O Capítulo 3 apresenta um estudo de caso aplicando o UbiAccess em um cenário socioenativo remoto denominado Aquarela Virtual, utilizando também o método Análise Temática para avaliar a interação de uma criança com TDAH. Com os resultados, foi possível comparar quais temas foram cobertos pelo UbiAccess e quais ainda precisavam de cobertura.

O Capítulo 4 apresenta a avaliação do instrumento UbiAccess. Essa avaliação foi realizada por pesquisadores fora do Projeto Sistemas Socioenativos e que não participaram das etapas de desenvolvimento do UbiAccess. Os pesquisadores aplicaram o instrumento em um cenário de computação ubíqua disponível na literatura e responderam um questionário de avaliação sobre o UbiAccess. Com os resultados, fizemos uma comparação com os pontos faltantes de nossas publicações para compreender a efetividade do instrumento para avaliar os cenários propostos e quais as melhorias seriam desejáveis no instrumento.

O Capítulo 5 apresenta a discussão e as conclusões deste trabalho de mestrado, sintetizando os objetivos alcançados, a contribuição científica, as limitações e os trabalhos futuros. Por fim, incluímos o Apêndice II que apresenta uma versão estendida de um estudo de caso que realizamos com uma criança com Transtorno de Espectro Autista [30]. Nesta versão apresentamos, além da atividade de avaliação realizada com um grupo de crianças incluindo a criança caso, o relato da professora da turma após a oficina e o Mapa Temático da avaliação do caso da criança TEA. Com os resultados observamos a cobertura das áreas do UbiAccess no cenário proposto.

As publicações associadas a este trabalho são:

Capítulo 2: Pimenta, J. R. D. O. G., Duarte, E. F., Baranauskas, M. C. C. & Medeiros, C. B. UbiAccess: an Instrument to Assess System Access in Ubiquitous Scenarios. Interacting With Computers. 2022. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwac029>

Capítulo 3: Pimenta, J. R. D. O. G., Duarte, E. F., & Baranauskas, M. C. C. Interação Remota no Aquarela Virtual: um estudo de caso com criança

diagnosticada com TDAH. Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 2022. <https://doi.org/10.5753/sbie.2022.225699>

Capítulo 4: Pimenta, J. R. D. O. G., Baranauskas, M. C. C. Avaliando o UbiAccess - e seu potencial de avaliar acesso em ambientes baseados em computação ubíqua. Submetido ao XLX Seminário Integrado de Software e Hardware. 2023.

Apêndice II – Pimenta, J. R. de O. G.; Duarte. E. F.; Medeiros, C. B.; Baranauskas, M. C. C. Access in a Remote Socioenactive Scenario: a Case Including Autistic Spectrum Disorder Issues. Submetido a Periódico Journal of the Brazilian Computer Society (manuscrito que estende o artigo do SEMISH 2022; Submissão em março de 2023).

Esta pesquisa deu origem às seguintes publicações:

Pimenta, J. R. de O. G., Duarte, E. F., & Baranauskas, M. C. C. (2021a). Evaluating Accessibility in Ubiquitous Environments: A Case Study with Museum Installations. Anais do XLVIII Seminário Integrado de Software e Hardware, 88–96. Disponível em <<https://doi.org/10.5753/semish.2021.15810>>

Pimenta, J. R. de O. G., Duarte, E. F., & Baranauskas, M. C. C. (2021b). Investigating Access in Ubiquitous Scenarios: A Case Study and Evaluation Instrument. X Latin American Conference on Human Computer Interaction. Disponível em <<https://doi.org/10.1145/3488392.3488396>>

PIMENTA, J.; DUARTE, E.; BARANAUSKAS, M. Investigando acesso equitativo em cenário socioenativo remoto: um estudo de caso. In: Anais do XLIX Seminário Integrado de Software e Hardware. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 152–163. ISSN 2595-6205. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/semish.2022.223156>>.

PIMENTA, J. R. d. O. G.; DUARTE, E. F.; BARANAUSKAS, M. C. C.; MEDEIROS, C. B. UbiAccess: an Instrument to Assess System Access in Ubiquitous Scenarios. Interacting with Computers, 10, 2022. ISSN 1873-7951. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/iwc/iwac029>>.

Pimenta, J. R. de O. G., Duarte, E. F., Queiroz, M. J. N. de, Mendoza, Y. L. M., Silva, J. V. da, & Baranauskas, M. C. C. (2022). Aquarela Virtual: Investigando Acesso Equitativo em Instalação Socioenativa em Contexto de Isolamento Social (Relatório Técnico No 03; p. 15). Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas. <https://ic.unicamp.br/~reltech/2022/22-04.pdf>

PIMENTA, J.; DUARTE, E.; BARANAUSKAS, M. C. Ubiaccess: Um instrumento para avaliar o acesso equitativo em ambientes ubíquos. In: Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 243–244. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/ihc_estendido.2022.225432>.

PIMENTA, J.; DUARTE, E. F.; BARANAUSKAS, M. Interação remota no aquarela virtual: um estudo de caso com criança diagnosticada com TDAH. In: Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 764–775. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/sbie.2022.225699>>.

PIMENTA, J. R. D. O. G., BARANAUSKAS, M. C. C. Avaliando o UbiAccess - e seu potencial de avaliar acesso em ambientes baseados em computação ubíqua. <Aceito e em processo de publicação>. XLX Seminário Integrado de Software e Hardware. 2023.

Publicações submetidas e em processo de avaliação:

PIMENTA, J. R. d. O. G.; DUARTE, E. F.; MEDEIROS, C. B. ; BARANAUSKAS, M. C. C. Access in a Remote Socioenactive Scenario: a Case Including Autistic Spectrum Disorder Issues. Submetido a Periódico Journal of the Brazilian Computer Society (manuscrito que estende o artigo do SEMISH 2022; Submissão em março de 2023).

Capítulo 2 - UbiAccess: an Instrument to Assess System Access in Ubiquitous Scenarios

2.1 Introduction

Weiser and Brown [1] started the Ubiquitous Computing era, in which the user interacts with many computers without focusing attention on the interaction *per se*. As their original proposal tells us, “*calm technology engages both the center and the periphery of our attention and in fact moves back and forth between the two*” [1, p. 79]. As Weiser [2] idealized, designing ubiquitous computing requires thinking about transparency, embodiment, and drawing computers out of their shells in different sizes and shapes. This technology fades into the background, where the user’s interaction would become natural and transparent. Furthermore, ubiquitous computing is also aware of its location, adapting its behavior, and communicating with other machines. These invisible technologies would enhance social aspects by changing the interaction between people and technologies to a transparent one, entirely fitting into the human environment [2].

Many current research areas are related to ubiquitous computing - Internet of Things, Context-aware Computing, Pervasive Computing, Mobile Computing, Ambient Computing, Embodied Interaction or Tangible, and Social Computing, to name a few. In this text, we are particularly interested in ubiquitous environments that contain sensor/actuator-based interactions, embodied technologies, pervasive computing and provide social interactions. Takayama [3], reviewing Weiser’s ideas, concluded that ubiquitous computing is still far from reaching the proposed original human interaction experience. She suggests three research directions on ubiquitous systems: 1) leveraging human experience below the level of focused conscious attention; 2) bringing back embodiment; and 3) supporting and getting out of the way of human interpersonal interactions and relationships [3]. These three aspects deserve attention when designing interaction scenarios in which sensors and actuators are composing the environment. Besides these, we envisage a fourth challenge: to provide access in ubiquitous environments to everyone without discrimination, which leads us to

question how to design and evaluate access, considering the ubiquitous environments paradigm. Our understanding of access appears in section 2.

Design for All, also called Universal Access, addresses accessibility for a diversity of users, disabled or non-disabled, in different contexts of use and interaction platforms [31], [32]. *“Disability is an umbrella term for impairments, activity limitations and participation restrictions.”* [33]. Discussions of inclusion of people with disabilities have roots in the Universal Declaration of Human Rights (1984) and the Convention on the Rights of Persons with Disabilities - CRPD (2006) [34]. Inclusion is at the heart of UNESCO’s Sustainable Development Goals (SDG) [35], e.g. in Reducing Inequality (SDG 10) or promoting Quality Education (SDG 4). Globally, around a billion people (approximately 15%) live with some disability [33]. Accessibility and Universal Access are worldwide recognized as the 5th of the Seven HCI grand research challenges [8]. Furthermore, the Brazilian HCI research community, organized under a chapter of the Brazilian Computer Society, also recognizes Accessibility and Inclusion as the 2nd grand research challenge of HCI in Brazil and Ubiquity as the 3rd challenge [9]. Including everyone in all environments leads to further efforts towards accessibility of technology-based environments. Identifying interactions that might lead to confusion, frustration, or cognitive overload is also a challenge when designing for all [31]. Nonetheless, the Human Computer Interaction (HCI) community has been developing research on the web accessibility paradigm [36]. However, there is still the need for in depth investigations within the ubiquitous computing paradigm. Our research presents contributions to this end.

The so-called *“socioenactive systems scenarios”* are instances of ubiquitous computing environments, which emphasize the social side of people’s actions, such as talking, sharing experiences, culture, personal values, and playfulness, while interacting smoothly and continuously with technology [11]. The interaction of people with each other through the elements of the scenario influences the system, which in turn influences them back, creating a unique interaction experience [11]. As ubiquitous environments leverage new interaction possibilities, socioenactive scenarios give rise to additional concerns, including the intersubjective relations among people with different conditions through technology present in those scenarios.

This paper investigates access in socioenactive scenarios through the following research questions:

- **RQ1:** To what extent is the access in ubiquitous computing environments being considered by formal accessibility and universal design standards?
- **RQ2:** What are the key challenges in designing and implementing an instrument to evaluate access in socioenactive ubiquitous environments?

The remainder of this paper is organized as follows: section 2 conceptualizes access and socioenactive systems scenarios and presents some related works. Section 3 presents the methodology of this study. Section 4 describes UbiAccess - an instrument generated from existing formal standards, proposed for this investigation. We present a case study in section 5, applying the instrument to analyze access in socioenactive scenarios, at the same time evaluating UbiAccess itself. We discuss results in section 6, and Section 7 concludes our work pointing out further research. This paper is an extended version of a paper published in [15], and includes new research results obtained since then.

2.2 Background and Related Work

To the best of our knowledge, no formal standards or literature guides focus on evaluating access in ubiquitous environments. The Universal Design Principles (referred to in the rest of the paper as UD) [27] [37] and the Web Content Accessibility Guidelines 2.1 (referred to in the rest of the paper as WCAG) [38] are two worldwide recognized and adopted accessibility formal standards. Presented by Connell et al. [37], the UD Principles [37] have seven major principles and thirty guidelines focused on environment access. The W3C (World Wide Web Consortium) develops and updates the WCAG, which focuses on web content accessibility [38]. WCAG 2.1 is the latest stable version at the moment we wrote this paper, containing four major principles, 13 guidelines, and 78 success criteria. As seen throughout this paper, our work concentrates on UD and WCAG.

The social side of technology was already a concern for Weiser [1]–[3] and is discussed in the Socioenactive Systems Project⁵, which also supports our research. In the concept of socioenaction, the computational system is not limited to interaction with artifacts such as mouse, keyboard, or (touch) screen [7]. Socioenactive systems inhabit the physical world through the use of sensors and actuators, allowing human-computer interactions that go beyond standard input-output relations. Instead, interaction is embodied by an inseparable coupling between the person and the ubiquitous computing technology, while also considering the action of others in the scenario. The associated tripartite coupling of social, physical, and digital socioenactive environments elicit new interaction possibilities [11]. Our work investigates two socioenactive ubiquitous scenarios regarding their possibilities of enabling access: Temporário [16] and Memória [13], both briefly described in section 5.

By access in ubiquitous environments, we mean allowing not only approaching the artifacts but also being able to make sense of them. Stephanidis [32] discussed that contemporaneous technologies need to address users with different needs interacting with different technologies, all placed inside the same environment that changes dynamically [32, p. 449]. In this paper, we argue that access and its social aspects are indissociable, with people interacting together with the ubiquitous environments, thereby building new and unique meanings to different experiences of interaction. Stephanidis [32, p. 450] also adds: *“Design for All methods and techniques need to be appropriately expanded and enhanced as well as validated in practice.”* We investigate means of analyzing access in ubiquitous environments, supported by the vision of Emiliani and Stephanidis [31, p. 606]: *“Universal access implies the accessibility and usability of information technologies by anyone at any place and at any time”*; supported by this vision - we investigate means of analyzing access in ubiquitous environments.

Providing equitable access to contemporaneous technologies contributes to an inclusive society. According to the [6], an inclusive society must support every individual equally, enabling their full participation in social, economic, and

⁵ Socioenative Systems: Investigating New Dimensions in the Design of Interaction Mediated by Information and Communication Technologies (FAPESP #2015/16528-0).

political life; accessibility should be flexible enough to suit the individual's needs and preferences [6]. Thus, *“(...) accessibility requirements still need to be mainstreamed in the planning and creation of any place, space, item, or service. This will not only ensure equal access for persons with disabilities but will also benefit all members of society”* [6, p. 13]. Our investigation explores the concepts involved in providing access in ubiquitous scenarios, cooperating with the sustainable development agenda [35].

Considering the variety of potential interactions within ubiquitous environments, we investigated publications dealing with different technologies of ubiquitous computing, different needs of users, and formal standards and principles regarding accessibility and universal design. As such, our related work analysis is centered on research that covers one or more of the following items that are directly linked to our concerns: 1) contemporary technologies explored in the context of users with disabilities; 2) analysis of formal standards and principles related to access and their application within contexts of contemporary technologies; and 3) social impact of those research efforts. The research described in [4],[39] and [40] refer to items (1) and (3), while [27] concern items (1) and (2), and [24], [26] focus on (3). These publications illustrate our three criteria and provide a basic overview on our subject. We now proceed to discuss each of these references in detail.

Liao et al. [4] discuss ubiquitous environments challenges and contributions for a “Smart Ward” - a real-world smart ward interactive installation that ran for over six months in the National Taiwan University Hospital. This ubiquitous environment disposes sensors and actuators in a ward to monitor patients' health status. Different status data involved bed situations (*e.g.*, lying, turning, sitting, leaving), bathroom situations, and social engagement. Social situations contribute to the patient's mental health and involve interactions between patient and caregivers, with or without the mediation of objects. All data collected generated reports to the medical team. Although this installation does not aim to reach accessibility directly, we identify a diversity of patients who can have access and interact with it (*e.g.*, elderly patients, people who are disabled or with disabling conditions).

Social relations emerge in human beings from childhood. Playfulness in childhood contributes to these social relations. Children with some disability might have their playfulness development affected. Gardezabal and Abascal [39] investigated the use of robots to enhance playfulness and the benefit of free play to children with Cerebral Palsy (CP). Children with CP may have motor impairments that affect the use of typical toys. The findings included the acquisition of decision-making, mental and logical development, physical relationships, comprehension, creativity, and other abilities expected in adulthood. Also, the authors analyzed a set of studies that aimed to enhance the playfulness of children with different types of robots. Finally, they proposed a high-precision robot manipulator system for children with limited motor function to promote engagement in free play [39].

Smart houses are yet another example of the use of ubiquitous computing. Cozza et al. [40] investigated smart houses and proposed a framework to guide the design for older adults, based on a literature review among publications in the *Pervasive and Ubiquitous Computing* journal. They found that the solutions designed are typically based on negative stereotypes of this group. Consequently, their framework guides the design based on three crucial dimensions: paradigm, user, and context. They divided the paradigm dimension into functional, sociotechnical, and hybrid. The user dimension refers to the user's involvement in an informative, participative, or consultative role. The context dimension covers indoor and outdoor environments. The framework was used to analyze a smart home for older adults and includes a reflection on user needs while focusing on positive stereotypes.

Gonçalves et al. [27] conducted an exploratory study of accessibility in pervasive and ubiquitous systems to elicit existing guidelines of accessibility, existing standards, and technical solutions. Based on an analysis of 10 years of scientific publications, the authors presented accessibility challenges in ubiquitous environments and showed the functional models that include users with disabilities in pervasive scenarios. They organized these publications according to WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) principles and impairment categories (visual, hearing, cognitive, and motor impairments). Findings include the lack of generic solutions to cover all kinds of disabilities,

whereas solutions aim at specific disabilities. Guidelines for accessibility in contemporaneous computing technologies, such as mobile computing, IoT, ubiquitous computing, and enactive systems are pointed by these authors as missing [27].

Dos Santos et al. [41] and Dos Santos [26] previously investigated the evaluation of socioenactive scenarios; the authors presented a case study investigating the use of the UD and Natural User Interfaces (NUI) in a hospital scenario [41]. Their findings resulted in an analysis of the use and limitations of UD and NUI and a set of recommendations for evaluating socioenactive scenarios. Dos Santos [26] extended this research to create guidelines to evaluate the socioenactive system dimensions of Coupling, Autonomy, Embodiment, Emotional, and Social, based on applicable NUI and UD. The guidelines are organized in two parts: the first part of the instrument contributes to an overview of the dimension coverage in a socioenactive system. The second part of the instrument contributes to evaluating universal design through the concepts of a selected dimension.

Although relevant to our research, the works of Gonçalves et al. [27], Dos Santos et al [41] and dos Santos [26] evaluate the level of principles of formal standards, without going deeply into the respective guidelines and success criteria. Moreover, neither WCAG nor UD, taken separately, are enough to allow appropriate evaluation of ubiquitous environments. Our research, on the other hand, analyzes both jointly, thereby being able to detect gaps that must be filled to appropriately assess access in these environments. By the same token, the works that address the use of contemporaneous technologies by people with specific needs - e.g., Liao et al. [4], Gardeazabal and Abascal [39] and Cozza et al. [40], are valuable as they address distinct situations (hospitalizations, playfulness, aging process); nevertheless none of them evaluate or provide an evaluation instrument to identify lack of access in the installations.

Our analysis of related work indicates the need of an instrument to evaluate ubiquitous environments that does not focus on specific disabilities, technologies, or situations, but that should encompass the greatest possible diversity of situations found in these environments. Moreover, this instrument

should draw on what we have already learned from both UD and WCAG, adjusting them to evaluate access in ubiquitous scenarios.

In previous work, we conducted a preliminary investigation [12] on the Seven UD Principles [37], the four principles of WCAG 2.1 [38], and the United Nations Good Practices of Accessible Urban Development - GPAUD [42] regarding their suitability to evaluate accessibility in ubiquitous environments. Our results revealed that each of these instruments is geared towards one specific set of factors. The GPAUD Principles contribute to identifying and removing physical barriers to the environment, although they are not sufficient to cover all the ubiquitous computing technology which surrounds the environment. UD Principles contribute to the evaluation of the approach to the physical environment. WCAG principles contribute to evaluating accessibility but need to be adapted from the Web to the ubiquitous paradigm. Our findings also revealed the need to clarify and further investigate ways of assessing ubiquitous environments (e.g. sensors and actuators). These findings led us to a preliminary study, published in [15], which is extended in this paper with a thorough presentation and analysis of UbiAccess, its application and aspects still to be improved.

2.3 Methodology

In this work, we extend our preliminary work [15] by dipping into the guidelines of Universal Design [37] and the success criteria of WCAG 2.1 [38] as a basis for designing an instrument for analyzing access in ubiquitous environments. Figure 2-1 provides an overview of our research methodology. The arrows represent the main methodology steps, outputs of each step are in the double rectangles, and the artifact UbiAccess, our main contribution, is singled out in green rectangle with corner cut diagonally.

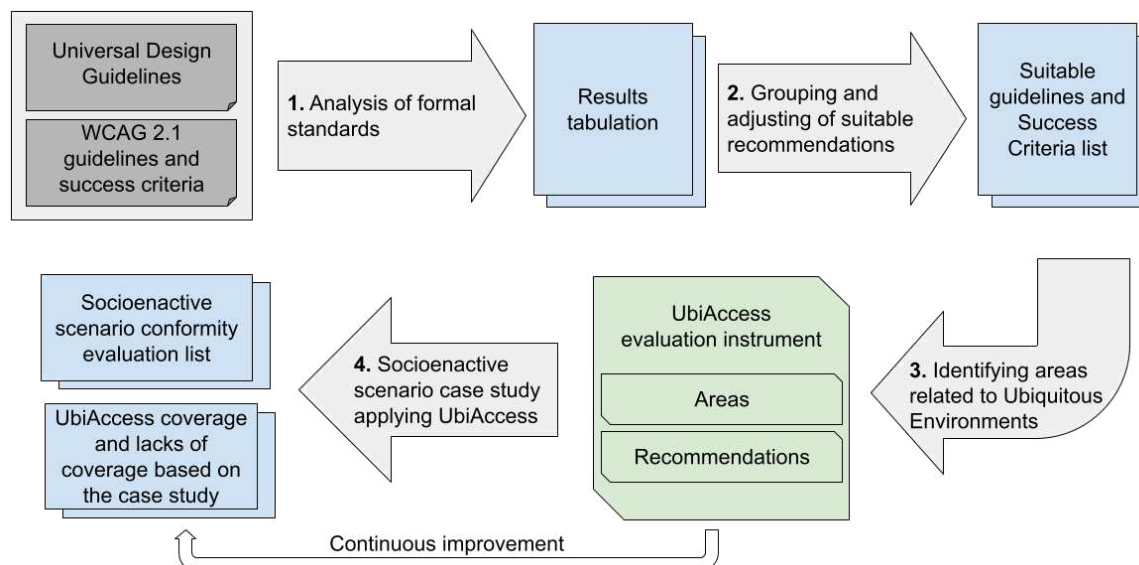


Figure 2-1 : Methodological steps followed in the Research

As shown in Figure 2-1, we started by conducting an analysis of UD [37] and WCAG [38] guidelines and success criteria to identify their suitability concerning ubiquitous environments (arrow named Analysis in Figure 2-1). Then, we grouped the applicable guidelines and success criteria according to their evaluation objective (e.g multimedia resources). We analyzed the list resulting from the previous step to revise, interpret, group, and generate recommendations towards our evaluation instrument. After this, we identified areas related to ubiquitous environments. As a result, we created the UbiAccess instrument consisting of areas and recommendations to evaluate access in ubiquitous environments. This instrument was used in a case study, to evaluate access in two installations. The case study provided an evaluation of the conformity of the installations to the instrument guidelines, and an extent of its coverage to relevant aspects of ubiquitous environments. UbiAccess is presented in section 4. The analysis of the results of applying UbiAccess in the case study are also discussed as feedback to improve the instrument itself.

2.4 Building UbiAccess - An Instrument To Analyze Access In Ubiquitous Environments

As mentioned before, UbiAccess is an evaluation instrument generated from the analysis and interpretation of guidelines from the UD [37] and the WCAG 2.1 [38] success criteria as to their suitability for ubiquitous environments. Our

suitability criteria considered ubiquitous environments concepts as proposed by Weiser [1], [2], [3], as discussed in Section 2. Under these criteria the only UD guideline not completely aligned with the ubiquitous paradigm seems to be guideline 5D: *“Discourage unconscious action in tasks that require vigilance”*. This unsuitability derives from the fact that completely discouraging tasks that require conscious vigilance seem not to fit well in the underlying aims of ubiquitous systems’ transparency. The other 3 guidelines of this same principle (5A, 5B, 5C) are all covered by our instrument. Regarding WCAG, we identified 45 unsuitable success criteria, which are focused on the web paradigm: 1.3.1-2⁶, 1.3.5-6, 1.4.2, 1.4.13, 2.1.1-4, 2.2.1-2, 2.2.4-6, 2.4.1-5, 2.4.7-9, 2.5.1-6, 3.1.1-2, 3.2.1-5, 3.3.1-6, and 4.1.1-3. Having discarded from UD and WCAG all that were not suitable to ubiquitous environments, the remaining guidelines and success criteria became recommendations in UbiAccess. We re-organized these recommendations in five groups (which are called areas in UbiAccess):

- **Environment (EN)** - physical environments and their surroundings.
- **Information (IN)** - content and information.
- **Multimedia Resources (MR)** - text, audio, and video resources.
- **Personal (PE)** - personal needs and preferences.
- **Security & Privacy (SP)** - security, safety, and privacy.

Figura presents these five areas covered by UbiAccess, with the corresponding percentage coming from Universal Design and WCAG. Universal Design covers Environment (92%), Personal (86%), and Security & Privacy (100%) areas better. WCAG is more representative in information (57%) and Multimedia Resources (87%).

⁶ 1.3.1-2 means 1.3.1 through 1.3.2.

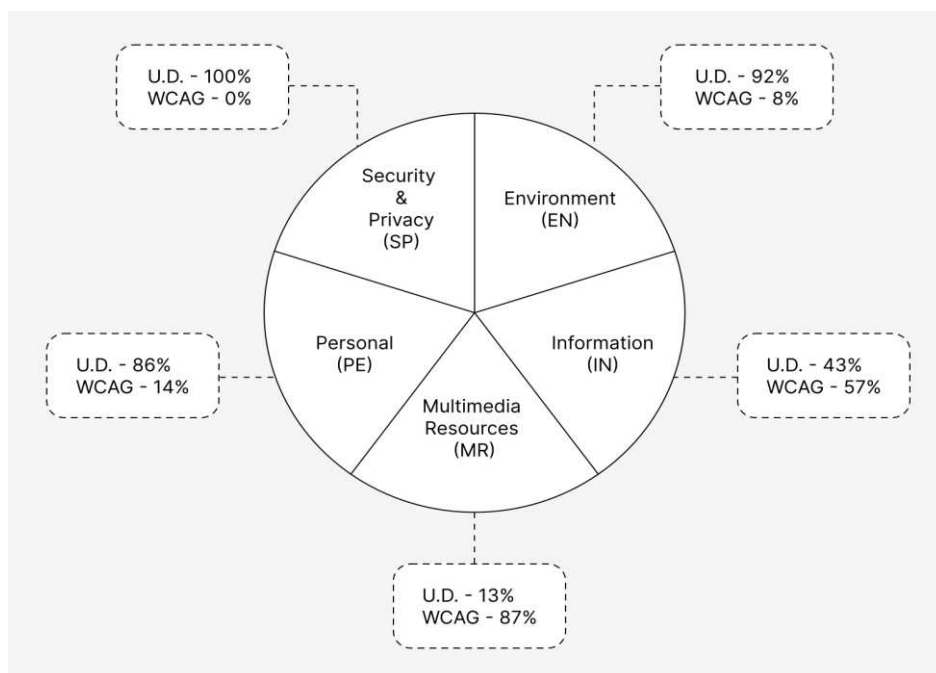


Figura 2-2: UbiAccess areas and percentage of coverage by Universal Design and WCAG.

Table 2-1 presents UbiAccess, which covers 37 recommendations organized according to their area (ID) and the corresponding UD and WCAG References. As shown in the Table, there are 12 recommendations under Environment, 7 under Information, 9 under Multimedia Resources, 5 under Personal and 4 under Security & Privacy. As presented in the Reference column, ten recommendations (EN11, MR1, MR2, MR3, MR6, MR7, MR8, PE3, and PE5) emerged from the combination of different guidelines and success criteria, while Recommendations EN4, EN5, EN12, MR4, MR14, and PE1 were adapted from their original references to become suitable to ubiquitous environments. For instance, PE5 results from creating and adapting a combination of UD 2D and WCAG 2.2.3, while PE1 adapts UD 2A to ubiquitous environments. We present UbiAccess as a table to show their origins and allow checking yes-no by the evaluators. Moreover, the tabular organization facilitates the evaluators' task of conformance assessment. We adopt the W3C definition of conformance, namely, "Conformance to a standard means that you meet or satisfy the 'requirements' of the standard"⁷. After going through all the 37 recommendations, the evaluator will

⁷ <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/conformance> , accessed on May 31st, 2022.

have a list of conformances to recommendations and shortcomings in the scenario.

We now proceed to show how UbiAccess can be used in assessing an ubiquitous computing environment (section 5.3.1); in what follows, an evaluation of UbiAccess itself is presented (section 5.3.2).

Table 2-1: The UbiAccess evaluation instrument, in which recommendations are grouped according to their area

ID	Recommendation	References (Connell, et al., 1997) (W3C, 2018)
EN1	Provide the same or equivalent means of use: identical whenever possible.	UD 1A
EN2	Avoid segregating or stigmatizing any users.	UD 1B
EN3	Make the design appealing to all users.	UD 1D
EN4	Provide effective responses and feedback to the users' actions.	UD 3E
EN5	Provide adequate space to make free body movements and actions.	UD 6A
EN6	Provide reasonable use of operating forces.	UD 6B
EN7	Avoid requiring repetitive actions.	UD 6C
EN8	Avoid requiring sustained physical effort.	UD 6D
EN9	Provide a clear line of sight to important elements for any seated or standing user.	UD 7A
EN10	Make reach to all components comfortable for any seated or standing user.	UD 7B
EN11	Provide adequate space and compatibility with assistive devices or assistance.	UD 7D, 4E
EN12	Affordances should be perceivable and understandable by users with different sensory characteristics.	WCAG 1.3.3
IN1	Eliminate unnecessary complexity.	UD 3A
IN2	Accommodate a wide range of literacy and language skills.	UD 3C
IN3	Arrange information consistent with its importance to the users.	UD 3D
IN4	Avoid using unusual or restricted words, such as jargons or idioms.	WCAG 3.1.3
IN5	Include the extended form of abbreviations.	WCAG 3.1.4
IN6	Provide supplemental content when a text requires more advanced reading than the attending audience can cope with.	WCAG 3.1.5
IN7	Make the meaning of ambiguous words clear in the context (e.g., pronunciation, word written form, etc.).	WCAG 3.1.6
MR1	Use different modes (pictorial, verbal, tactile) for redundant presentation and favoring maximum "legibility" of essential information.	UD 4A, 4C, 4D; WCAG 1.1.2
MR2	Provide adequate contrast between essential information and its surroundings (e.g., color contrast for image, text, sound background volume for audio).	UD 4B; WCAG 1.4.3, 1.4.6-7, 1.4.11
MR3	Audio or video content has redundant presentations: audio description, subtitles, sign language interpretation, and media alternatives for text or time-based media.	WCAG 1.2.1-9
MR4	Color is not the only visual means of presenting or distinguishing information.	WCAG 1.4.1
MR5	Provide native resizing for multimedia without the loss of content or functionality.	WCAG 1.4.4
MR6	Images of text should have a text option available unless a particular text presentation is essential inside the image (e.g., logotypes, etc.).	WCAG 1.4.5, 1.4.9

MR7	Arrange text content in adequate visual presentation: reflowing, text spacing, headings, labels, and sections.	WCAG 1.4.8, 1.4.10, 1.4.12, 2.4.6, 2.4.10
MR8	Animation content should not flash over three times in one second.	WCAG 2.3.1-3
MR9	Avoid restricting content view and interaction to specific orientations (portrait or landscape) unless a specific display orientation is essential.	WCAG 1.3.4
PE1	Provide choice in methods of exploration.	UD 2A
PE2	Be consistent with user expectations and intuition.	UD 3B
PE3	Accommodate right/left-handed and variations in hand and grip size to access/use.	UD 2B, 7C
PE4	Facilitate the user's accuracy and precision.	UD 2C
PE5	Provide adaptability to the user's pace and avoid timing as essential for interaction.	UD 2D; WCAG 2.2.3
SP1	Provisions for privacy, security, and safety should be equally available to all users.	UD 1C
SP2	Arrange elements to minimize hazards and errors: most used elements, most accessible; hazardous elements eliminated, isolated, or shielded.	UD 5A
SP3	Provide warnings of hazards and errors.	UD 5B
SP4	Provide fail-safe features.	UD 5C

2.5 A Case Study On Access Analysis Through The Ubiaccess Instrument

2.5.1 Context and Participants

The case study evaluates data recorded and collected from the experience with two interactive installations exhibited at the Exploratory Science Museum of the University of Campinas - Unicamp (Campinas, São Paulo, Brazil). These installations were developed within the context of the Socioenactive Systems Project⁸. Our research was approved by the Ethics Committee of our institution under the ID CAAE 72413817.3.0000.5404.

The installations provide different interaction possibilities (proximity, touch, sound, visual) to be evaluated by UbiAccess. Participants had previously registered to join the exhibition, as required for the activities offered by the Museum. The audience of both exhibitions had boys and girls with ages between 7 to 12, accompanied by their parents. Although the exhibitions were public and open, no participant with disabilities joined them. We used UbiAccess to evaluate the *Temporário* [16] and *Memoção* [13] installations regarding their access compliance to the UbiAccess areas as shown in Figura . These installations and the corresponding access data had been collected in previous research and were

⁸ Socioenative Systems: Investigating New Dimensions in the Design of Interaction Mediated by Information and Communication Technologies (FAPESP #2015/16528-0)

made available to us. A detailed description of the exhibitions, how they were constructed, and the data collected appears in (Duarte et al., 2019; Duarte, Mendoza, & Baranauskas, 2020). These studies involved the interaction of these children and adolescents with the installations. All parents and children signed forms of Informed Consent, through which they consented to have the data collected and analyzed for research purposes. These forms strictly follow institutional and national legislation on experiments that involve collecting and analyzing data from human participants.

Temporário was part of the exhibition “An Experience of Deep Time” held in 2019. This installation received a group of 25 participants: 15 children and their parents. A display with a camera played an educational video about the concept of Deep Time⁹. Participants were grouped around the display to explore and play with the installation, and whenever they approached the artifact, playback speed changed. Additionally, emoticons in the display corner were exhibited according to the number of people around the installation. A webcam and a proximity sensor identify the number of people watching the video. Children perceived not only that the playback speed changed as they approached it, but also the emoticons displayed. Participants talked with each other about the video and how their presence changed the displayed information. Figura 2-3 (left) shows how children play with their bodies hiding and seeking at the installation. Besides increasing and decreasing the playback speed, the installation receives a gray-scale filter if nobody watches it and the video rewinds. When someone approaches the installation, or the video reaches its end, the artifact returns to its initial state. The video is narrated in English, with subtitles in Portuguese, the native language of the participants.

⁹ Deep Time video: <https://www.youtube.com/watch?v=5TbUxGZtwGl>, accessed on May 31st, 2022.

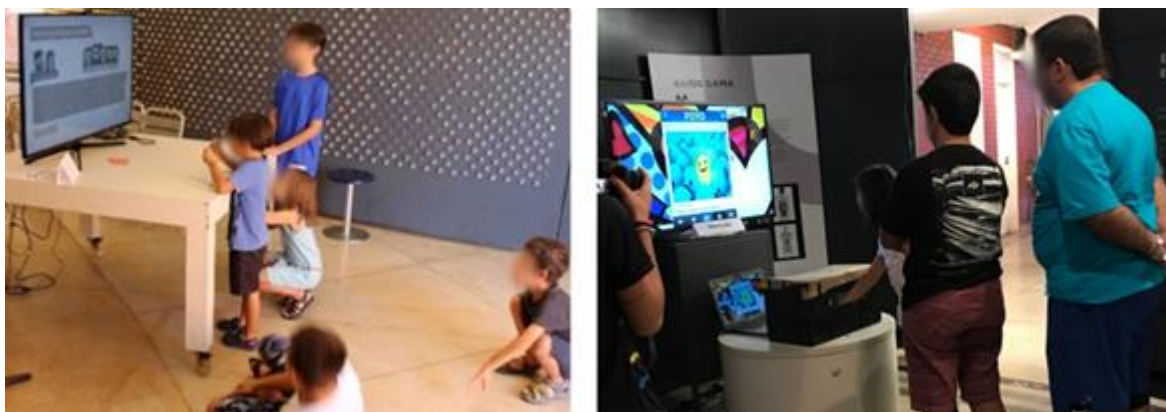


Figura 2-3: (left) Temporário – children hiding from the installation; (right) Memoção – a child interacting while being observed by a peer and parents.

Memoção (Figura 2-3 - right) was exhibited at “The Magic of Science” workshop held in 2018. Fifteen children and adolescents joined the exhibition. Some parents could also observe and take part. The installation has a set of six textures placed inside a black box. Participants explored the textures inside the box, experimenting with the emotions these evoked. A hidden button is pressed when it identifies the tactile contact. The set of related texture- emotion, presented in Figura 2-4 a) are: 1) sandpaper - sadness, 2) cotton - felicia¹⁰, 3) foam - happiness 4) slime - disgust, 5) cloth - love, and 6) velcro - anger. When a texture is pressed, a display presents an internet meme image (Figura 2-4 b and c) and a sound evoking emotion related to the texture. Participants played with the installation, laughed, and talked to themselves about the textures and the memes. A collection of 10 memes and two sounds for each texture created a non-repetitive experience. Figura 2-3 (right) shows a girl with her hand touching the texture inside the box, and a parent and a boy observing the installation.

¹⁰ “*felicia*” refers to the behavior of the character Felicia of Tiny Toon Adventures, from Looney Tunes. According to the dictionary, the definition of felicia is: “a female given name: from a Latin word meaning ‘happy.’ Retrieved from <https://www.dictionary.com/browse/felicia> on June 26th, 2022.

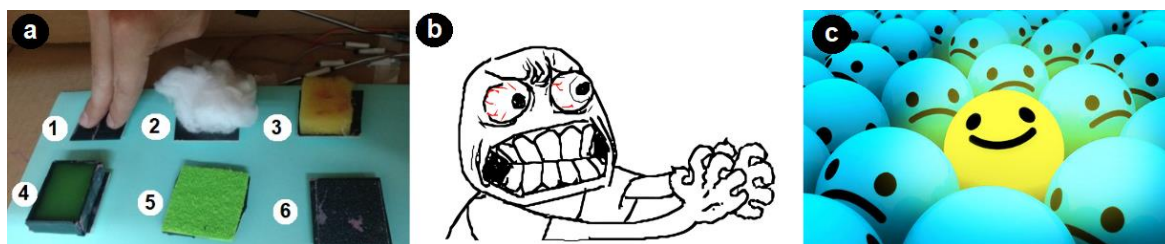


Figura 2-4: a) - Memoção textures; b) memes representing the emotion of anger; c) memes of happiness.

2.5.2 Method and Procedures

Our case study concerns using UbiAccess to evaluate access in *Temporário* and *Memoção*. As such, UbiAccess was applied to the data collected in 2018-2019 during the interaction of the participants with the exhibitions. The person who conducted the case study is one of the authors of this paper, but was not part of the group that directly worked with the participants and collected data. Thus, the evaluator¹¹ did not participate in the design of the exhibitions nor in the data collection itself. Initially, the evaluator watched the video recordings of the interaction of the participants with *Temporário* and *Memoção*. Next, the evaluator verified the conformance of each installation with respect to UbiAccess recommendations, producing, for each installation, a list of conformance/non-conformance items. When a given point was not clear in the video recordings, the evaluator discussed it with people who participated in the data collection. The final conformance list appears in section 5.3. Conformance results were transformed in percentages over the number of recommendations in each area, to allow comparison. These percentages were then plotted in the radar chart of Figura 2-5, thus allowing a better overview of the coverage of each installation with respect to access in ubiquitous environments as measured by UbiAccess.

2.5.3 Preliminary Results

2.5.3.1 Evaluating access through UbiAccess

Analysis of access in the *Temporário* and *Memoção* installations using UbiAccess is summarized in Table 2-2, which presents the conformance and non-conformance results for each installation. The Table shows that both installations

¹¹ The "evaluator" is one of the co-authors of this paper who applied UbiAccess to the data collected, who, together with 2 other co-authors, analyzed its suitability to assess interaction in ubiquitous environments.

met and missed the recommendations in the same percentage values, except in the Information (IN) area in which (*Memoção*) fully met conformance recommendations, while the other (*Temporário*) did not meet IN2 . In Personal (PE) and Security & Privacy (SP) areas, *Temporário* and *Memoção* achieved full conformance (100%) on the recommendations. In the Environment (EN) area both installations missed EN11 and EN12 recommendations. We also point out that in Multimedia Resources (MR) both installations present the same conformance percentual, but over a different set of recommendations - one missed MR1 and MR8, and the other missed MR1 and MR7. The rest of the table can be interpreted in the same way.

Table 2-2: Conformance evaluation results for the installations

UbiAccess Area	Installation	Conformance Recommendations	Non-Conformance Recommendations	Conformance %
Environment	Temporário	EN1,EN2,EN3,EN4,EN5,EN6,EN7,EN8,EN9,EN10	EN11, EN12	83.3%
Environment	Memoção	EN1,EN2,EN3,EN4,EN5,EN6,EN7,EN8,EN9,EN10	EN11, EN12	83.3%
Information	Temporário	IN1,IN3,IN4,IN5,IN6,IN7	IN2	85.7%
Information	Memoção	IN1,IN2,IN3,IN4,IN5,IN6,IN7	-	100%
Multimedia Resources	Temporário	MR2,MR3,MR4,MR5,MR6,MR7,MR9	MR1, MR8	88.9%
Multimedia Resources	Memoção	MR1,MR2,MR3,MR4,MR5,MR6,MR9	MR7, MR8	88.9%
Personal	Temporário	PE1,PE2,PE3,PE4,PE5	-	100%
Personal	Memoção	PE1,PE2,PE3,PE4,PE5	-	100%
Security & Privacy	Temporário	SP1,SP2,SP3,SP4	-	100%
Security & Privacy	Memoção	SP1,SP2,SP3,SP4	-	100%

The radar chart presented in Figura 2-5 shows the conformance levels of the installations in each area, graphically reproducing Table 2-2. Both installations were developed in an HCI design project conducted within an MSc

program in Computer Science (Duarte et al., 2019; Duarte, Mendoza, & Baranauskas, 2020), in which all students of the program had been exposed to Universal Design Principles. As a consequence, both installations had a recognizable concern towards access, which might explain their good conformance level as presented in the radar chart (Figura 2-5).

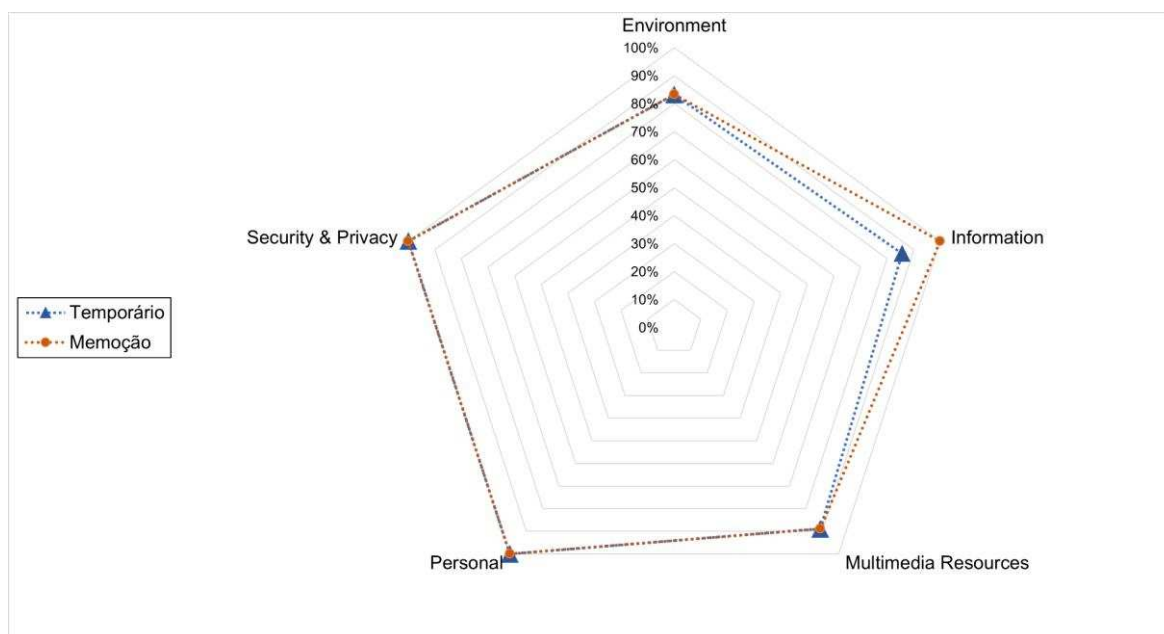


Figura 2-5: Radar chart from the case study results.

Although both installations reached conformance levels above 80% in all UbiAccess areas, evidencing a good access result, there are still issues to be improved. Table 2-3 details where each installation did not have conformance with UbiAccess recommendations. The installations have 3 recommendations in common in which they do not achieve conformance: EN11, EN12 and MR8, respectively improving access to blind or visually impaired people (EN11 and EN12) and deaf or hearing-impaired people (MR7). *Temporário* did not achieve conformance in two additional recommendations: IN2 and MR1, respectively improving overall access, and improving access to deaf or hearing-impaired people. *Memção* missed conformance with an additional recommendation, MR7, also related to the hearing impaired.

Table 2-3: Temporário and Memoção missing conformance aspects

ID	<i>Temporário</i>	<i>Memoção</i>
EN11	Provide screen readers compatibility in the display.	Provide screen readers compatibility in the display.
EN12	Make the timeline perceptible to blind people.	Make the internet memes images perceptible to blind people.
IN2	Provide video narration in the native language of the country that hosts the artifact exhibition.	-
MR1	Provide an audio description and sign language translation.	-
MR7	-	Provide an audio description for the meme sound.
MR8	Provide sign language interpretation in the native language of the country.	Provide the corresponding sign language signal for the presented meme.

As an illustration, *Memoção* displays a couple of internet images of memes (and a corresponding sound). However, it does not provide screen readers compatibility in the display (EN11) resulting in difficulty for a blind user who cannot understand the meaning of the meme by only touching the texture and listening to the sound. *Memoção* should display the image meme and also the audio description and the sign language signal for the meme sound to achieve conformance in MR7 and MR8. Again, as an illustration, although *Temporário* displays subtitles, it only covers the narration of the video, and it does not narrate the video sounds. Adding audio description in the installation improves access to deaf people (MR8).

2.5.3.2 Evaluating the instrument

After analyzing interaction data with respect to UbiAccess recommendations, we also evaluated situations not covered by UbiAccess. UbiAccess could not evaluate the following interaction sources regarding the Environment area: sensors and actuators responses, full-body interactions, embedded technology, embodiment, lights, vibration, sound effects, tactile interaction sources, physiological data, movement/motion capture, presence, voice, or noise sounds. Similarly, personal values, emotions, gender and culture are not covered in the Personal area. Likewise, the area of Security & Privacy should cover user consent regarding stored or collected information. As a result, when it comes to ubiquitous scenarios, UbiAccess still needs additional recommendations concerning Environment, Personal, and Security & Privacy areas, to address interaction with the environment based on sensors and

actuators. As an illustration, *Temporário* allows specific interactions (e.g. full-body interaction, movement/motion capture, presence) that could not be evaluated by UbiAccess. Moreover, the tactile interaction of *Memoção* texture was also not covered. To illustrate this point, users interact with *Memoção* by pressing the textures inside a black box with a small opening for people to put their hand inside. It is unlikely that blind people would discover this on their own, since there are no instructions of any kind beyond visual cues. A Braille note outside of the box or an audio instructing the visitor would be helpful to provide access to these users. UbiAccess should contain an additional recommendation able to evaluate the relations of the physical (black box) and the digital (data from touching sensors). Again, as another illustration, privacy awareness (and privacy-related access patterns) would have increased in *Temporário* if users had been told that the installation's camera was collecting and storing information. Consequently, a recommendation to support the user consent regarding storing or collecting information is also necessary.

Summing up, the studied scenarios presented different interaction possibilities not covered by UbiAccess. To support these kinds of evaluation, the instrument needs additional recommendations to cover the tripartite coupling of the social (e.g. *Memoção* evoking of emotions), the physical (e.g. *Memoção* sound effects), and the digital (e.g. *Temporário* user consent for collection). New in-depth studies to identify new recommendations to support the gaps presented in this section and the study applied to new scenarios are necessary to provide the missing features.

2.6 Synthesis and Discussion

This section synthesizes our findings and discusses our research questions based on UbiAccess and our case study.

This research investigated the use of UD and WCAG guidelines and success criteria to support the analysis of ubiquitous computing scenarios. Although previous research [12] has shown the suitability of the Principles of UD for ubiquitous environments considerations, results of this work have shown that the adequacy of guideline (5D) is debatable in our research scenario of ubiquitous

environments. Furthermore, four guidelines (2A, 3E, 4D, and 6A) had to be adapted to fit the ubiquitous paradigm of interaction (*e.g.*, changing the ‘use’ by the term ‘explore,’ which is more appropriate for an ubiquitous installation). Similarly, the WCAG, which is organized in principles synthesizing guidelines, which present success criteria, also showed shortcomings in the analysis of access in ubiquitous environments.

Through analyzing WCAG, we discovered that three guidelines are entirely suitable (1.1, 1.2, and 2.3), five guidelines are not suitable (2.1, 2.5, 3.2, 3.3, and 4.1), and five guidelines are partially suitable (1.3, 1.4, 2.2, 2.4, and 3.1). After analyzing WCAG Principle “4 - *Robustness*” to compare previous unsuitability results [12] under the perspective of its single guideline (4.1) and its three success criteria, we concluded that the entire Principle 4 is not suitable to the ubiquitous paradigm because its success criteria apply only to the web paradigm.

Our detailed analysis of the formal standards also revealed similar goals common to the Universal Design guidelines and WCAG success criteria. As a consequence, we placed them together in UbiAccess, resulting in three situations:

1. The merge of Universal Design guidelines (Recommendations E11 and P3);
2. The merge of WCAG success criteria (Recommendations MR3, MR6, MR7, and MR8);
3. The merge of Universal Design guidelines and WCAG success criteria (Recommendations MR1, MR2, and P5).

Our research aimed to answer two questions: RQ1) To what extent is the access in ubiquitous computing environments considered by formal accessibility and universal design standards? Our findings show that both analyzed standards (WCAG and UD), when taken together, cover a wider variety of ubiquitous computing interactions possibilities. Whereas Universal Design focuses more on Environment aspects and WCAG focus on Web resources, their combination strengthens the evaluation of access in ubiquitous environments. The case study using UbiAccess on two installations (Temporário and Memória) has shown compliance with some conformance requirements coming from WCAG and from

UD. As an illustration, Table 2-2 describes access gaps in the installations revealed by UbiAccess. However, as presented in Section 5.3.2, some interaction aspects of the scenarios remained uncovered, especially those related to personal aspects, body movements, sensors, and actuators. New investigations to support recommendations to Environment, Personal and Security & Privacy areas are necessary.

Despite cultural issues found inside WCAG, the cultural the milieu of a person remained uncovered by the instrument. To explain it, the success criteria 3.1.5 – “Reading level” refers specifically to “lower secondary education level” to point out a reading ability level. However, this level changes according to the country’s social conditions. Consequently, we adapted the derived recommendation to better cover different social situations and different ubiquitous environments target audiences: “IN6 - Provide supplemental content when a text requires more advanced reading than the attending audience can cope with”. As an illustration, this guideline evaluated both installations of our case study scenarios regarding our audience age and reading level.

The UbiAccess instrument allowed us to identify that Memoção and Temporário handled all the Personal and Security & Privacy access recommendations. Both installations presented over 80% of coverage in Environment, Information and Multimedia Resources areas. UbiAccess allowed us to identify, for instance, that the installations provide the same or equivalent means of use (EN1); facilitate the user’s accuracy and precision (P4), and have adequate contrast between essential information and its surroundings (MR2). Nevertheless, UbiAccess could not help us to verify if Memoção tactile sensors provide equitable access for instance. Considering the uncovered issues revealed by the scenarios, we concluded that WCAG and UD partially encompass access in the studied scenarios.

Let us now consider RQ2) What are the key challenges in designing and implementing an instrument to evaluate access in socioenactive ubiquitous environments? Through this case study, we identified missing aspects in UbiAccess, presented in section 5.3.2. The key challenge we identified through these missing aspects is the diversity of interaction possibilities and how to cover

it. Moreover, environmental aspects related to ubiquitous computing technologies, such as tactile, full-body interactions, movements, tactile interaction, to name a few, still need to achieve better coverage of UbiAccess. As we could observe in the case study, Temporário had a proximity sensor not covered on the evaluation. Could blind children make sense of the installation and play hide and seek like the other children as in Figura 2-3 - left? Could a deaf child make sense of the speed timeline changing and how does the presence of human beings affect the environment? The combination of different possibilities on the Physical, the Digital and the Social creates an unpredictable and unique interaction which challenges the evaluation of access. Furthermore, the fourth challenge we propose in the introduction: “to provide access in ubiquitous environments to everyone without discrimination, which leads us to question how to design and evaluate access, considering the ubiquitous environments paradigm” could be analyzed through our case study. Indeed, UbiAccess allowed us to identify shortcomings in access in ubiquitous installations. Although the challenge of technology diversity seems to be too vast, if it is investigated in each area new possibilities for coverage will appear. Personal values, gender, emotions, and culture are new aspects identified to extend UbiAccess. Future in-depth investigations should reveal if they really belong to the Personal area or if they will fit in a new area, such as Social. To illustrate this point, Memória textures would evoke emotions. How can we evaluate if participants could make sense of the emotions? Also, how can gender impact the access of the interactions? How can a design be accessible and not offend personal values, religious beliefs? All these questions are related to the Social aspect of socioenactive systems. As the tripartite coupling influences one another, if the Social has an access gap, consequently the Digital and the Physical will be affected too.

An analysis of the artifacts using UbiAccess suggests that redundancy to present information increases access, as we can see in Memória, which associates textures, images, and sounds to evoke the emotions. Moreover, considering the native language of the country to create an interactive exhibition also contributes to access. Participants were of different ages and, understandably, had different reading skills. Although Temporário made available

Portuguese subtitles for the English video narration, some participants reported annoyance at using the non-native language on the audio because of the difficulty some children had with keeping up with the reading pace.

Additionally, Security & Privacy has been discussed worldwide and new laws are being developed in many countries. Thus, the SP area better coverage on storing information and procuring user consent. As ubiquitous environments can collect and process pictures, videos or physiological data, users might feel insecure and even unaware of how data collected from them will be used. Insecurity can reduce access as the user might not feel comfortable to enjoy and interact with the installation. Recommendations should in some way deal with collected data and anonymization to assure users' privacy.

Analyzing UbiAccess from the perspective of the tripartite coupling of Social-Physical-Digital elements, the Digital is represented by Multimedia and Information areas, while Personal and Environment areas cover the Physical aspects. In contrast, Security & Privacy regards mostly the Physical and Digital coupling. The Social part of the tripartite coupling remained mostly uncovered. Evaluating the social dimension of interaction and its influences on access considering the tripartite coupling remains open to deepen the investigation.

Also, W3C is working on the WCAG 3.0 Draft¹². Differently from version 2, WCAG 3 will be named as "W3C Accessibility Guidelines" and it intends to cover new technologies such as wearables and also including more needs of people with cognitive disabilities. Indeed, new guidelines and success criteria regarding wearable technology would be helpful in the current analysis and could benefit ubiquitous environments and enhance the possibilities of evaluation. Nevertheless, wearable is just one of the technologies of ubiquitous computing while others (e.g. Tangible) might remain uncovered. Additionally, as we identified in this research, the combination of UD and WCAG benefits access in ubiquitous environments more than if only one of the standards is considered. Until the moment we wrote this paper, W3C had not published the WCAG 3 stable releasing date. Meanwhile, we investigated the latest WCAG stable version (2.1).

¹² <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/wcag3-intro/> accessed on June 2nd, 2022.

Despite the successful use of UbiAccess in our case study, some limitations in this study still exist to be faced. Although all the Museum exhibitions are open to everyone, no disabled persons joined the experience, which would have provided a more in-depth analysis of interaction for all. Nevertheless, we still intend to have people with disabilities among the participants of future exhibitions. On the one hand UbiAccess has proved itself capable of evaluating ubiquitous scenarios, on the other hand the richness of these scenarios deserves further investigations to comply with the instrument improvement. UbiAccess at the point of this research can be seen as a preliminary result to be extended in the continuity of our research. We indeed want to investigate new scenarios and enlarge the coverage of the instrument considering the findings of this research.

2.7 Conclusion and Further Research

Considering the lack of standardized worldwide principles focusing on the ubiquitous paradigm, in this paper, we investigated the Universal Design Principles and WCAG 2.1 to verify whether they were suitable to socioenactive ubiquitous environments. We concluded UD is adequate for covering physical aspects of such environments, whereas WCAG is suitable for analyzing web-based technologies involved in the scenarios of interaction. Thus, our work resulted in UbiAccess, an instrument for evaluating access in these scenarios, combining features from both UD and WCAG and extending them to ubiquitous environments. UbiAccess seems to be a solution for the lack of instruments capable of supporting the evaluation of access in ubiquitous scenarios. It was applied in a museum case study to evaluate two installations on ubiquitous environments: *Temporário* and *Memoção*.

UbiAccess has shown usefulness in providing a preliminary evaluation on access in socioenactive ubiquitous scenarios. The five areas we elicited from Universal Design guidelines and WCAG success criteria showed the need for improving access in the two case study installations. Moreover, a reflection on the studied scenarios revealed aspects not yet covered by UbiAccess, such as embodiment, which still need further investigations. Furthermore, our research revealed the need for a sixth area to be fully covered and explored by the instrument: the Social area. While providing access in ubiquitous environments

to everyone without discrimination is still an open challenge, this work and the proposing instrument represent an invitation to our research and practice communities to deal with it.

While waiting for the new release of WCAG 3.0 and analyzing the coverage of ubiquitous environments through the addition of wearable technologies, further research involves studying access, considering the social dimension of the socioenactive tripartite coupling (Physical, Digital, Social), with the addition of a Social area in UbiAccess. Further work should also deeply explore the socioenactive tripartite coupling with case studies involving participants who must benefit from access the most (*e.g.*, people with disabling conditions); this might reveal other uncovered aspects and lead to instrument improvements.

Finally, socioenactive ubiquitous environments provide diverse possibilities of interaction coupled with a variety of new technologies being continuously released worldwide. These interaction possibilities deserve the discussion of equitable access during the design and evaluation processes, potentially contributing towards a more inclusive society.

Capítulo 3 - Interação Remota no Aquarela Virtual: um estudo de caso com criança diagnosticada com TDAH

3.1. Introdução

Tecnologias contemporâneas têm ganhado espaço em diversos cenários do cotidiano. A computação ubíqua permite novas formas de interação, através de sensores e atuadores interconectados e espalhados pelo ambiente, proporcionando uma nova forma de interação entre o humano e a tecnologia, onde esta última faz parte do ambiente e não se coloca como uma barreira social entre as pessoas [2]. No contexto escolar, estas tecnologias podem melhorar a aprendizagem dos estudantes, assim como despertar o interesse para o aprendizado através de atividades lúdicas, desafio imposto pelo ensino remoto/híbrido causado pela pandemia do Covid-19. O isolamento social para contenção da propagação do vírus trouxe uma série de desafios na interação social escolar. Escolas tiveram que fechar as portas e adotar sistemas remotos utilizando ferramentas de videoconferência para alunos de todas as idades sem um preparo prévio.

Ambientes ubíquos, assim como a investigação dos aspectos sociais envolvidos na interação, fazem parte das pesquisas contemporâneas de IHC, criando diferentes paradigmas de pesquisa [43]. O design de soluções tecnológicas deve, idealmente, contribuir para ajudar na educação e melhoria do acesso das pessoas à tecnologia de maneira geral [44]. Dessa forma, avaliar os artefatos tecnológicos significa não somente olhar para o propósito almejado no design, mas também o ambiente e os aspectos sociais, como as pessoas interagem entre si e com a tecnologia [45].

Cenários de computação ubíqua que já possibilitam grande diversidade de interação aliados ao contexto remoto, tornam-se um desafio a ser estudado. Acrescente-se a este desafio a necessidade da busca do acesso equitativo, independente das condições cognitivas, sensoriais ou motoras da pessoa. O acesso universal está presente entre os sete desafios de pesquisa na área de Interação Humano Computador - IHC [8] é também um dos grandes desafios de pesquisa no Brasil [46]. Dada a vasta possibilidade de interações, é preciso investigar como essas tecnologias contemporâneas (e.g. computação ubíqua)

se comportam com relação ao acesso de todos [47]. Nesse sentido, as Nações Unidas organizaram os SDGs da Agenda Sustentável 2030¹³ com o propósito de cooperação para criar um mundo mais igualitário sob o lema "Não deixe ninguém para trás" (tradução livre). A agenda inclui 17 metas (*goals*) e 169 objetivos (*targets*), onde a inclusão está presente nas metas 4, 8, 10, 11 e 17. Nesta pesquisa colaboramos diretamente com a meta 4, por meio da promoção da inclusão em atividades escolares remotas, e com a meta 10, por meio da inclusão tecnológica e social.

Sistemas Socioenativos são instâncias de ambientes ubíquos que possuem três dimensões interagindo e influenciando uma à outra: Físico, Digital e Social. A dimensão física abrange elementos como o ambiente, o próprio corpo e o espaço físico. A dimensão digital envolve softwares, interfaces de usuário e as mídias digitais. A dimensão social engloba a sociedade, as pessoas, a cultura, valores, a intersubjetividade, entre outros [11]. O Projeto Temático FAPESP #2015/16528-0, trabalha no desenvolvimento do conceito de Sistemas Socioenativos, do qual esta pesquisa faz parte. Devido ao isolamento social e outras restrições impostas pela pandemia do Covid-19, a equipe do Projeto Socioenativo desenvolveu o sistema Aquarela Virtual [20], [48]–[50] visando estudar os cenários socioenativos dentro do contexto escolar infantil em formato remoto.

O objetivo deste trabalho é investigar o acesso equitativo no uso do sistema Aquarela Virtual, um sistema socioenativo remoto, utilizado em contexto de oficina em pré-escola, que inclui uma criança diagnosticada com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade - TDAH. O estudo utiliza como método a Análise Temática da oficina e como instrumento de avaliação de acessibilidade o UbiAccess [15]. Como contribuições apontamos a avaliação de ambientes ubíquos e uma visão da completude do UbiAccess na avaliação desses ambientes. Resultados apontam para aspectos sociais que precisam ser considerados no sistema para um acesso equitativo. As perguntas de pesquisa norteadoras deste estudo são: **P1:** Se e como o Aquarela Virtual promoveu a

¹³ SDG - Sustainable Development Goals: <https://sdgs.un.org/goals> , acesso em 07/09/2022.

interação social e o acesso equitativo?; **P2:** Quais são os desafios para avaliar o acesso equitativo num cenário socioenativo remoto?

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o domínio do problema e os trabalhos relacionados; na Seção 3 descrevemos o estudo de caso, com os materiais e métodos, contexto e participantes e os principais resultados; na Seção 4 a discussão; na Seção 5 apresentamos a conclusão da pesquisa e os trabalhos futuros.

3.2. Domínio do Problema e Trabalhos Relacionados

Segundo Stephanidis [32], o acesso universal possibilita que as tecnologias da informação possam ser acessadas por qualquer pessoa em qualquer hora e lugar. Considerando as necessidades dos indivíduos e os cenários contemporâneos de interação, é preciso que sejam desenvolvidos métodos, técnicas e ferramentas que apoiem o design universal. Ambientes inclusivos são benéficos não somente para a pessoa com deficiência, mas para todos que possuam necessidades motoras, cognitivas ou sensoriais permanentes ou temporárias [32].

O termo acesso equitativo que utilizamos nesta pesquisa caracteriza-se pela possibilidade da pessoa, independentemente de suas necessidades específicas, ter acesso aos ambientes tecnológicos e ser capaz de fazer sentido de uma experiência interativa. Quando há acesso equitativo, a pessoa faz sentido não somente do ambiente ubíquo, mas também da interação com os outros participantes da experiência [15], [51].

Cenários socioenativos contribuem para aspectos sociais como a intersubjetividade, por meio de *social cognition* e *participatory sense-making*. O primeiro envolve as habilidades de compreensão das ações e intenções do outro. O segundo se refere ao modo como nós compreendemos o ambiente ao redor com e por meio das outras pessoas [11]. Segundo Caccefo et al. [52], três aspectos precisam ser considerados no design do Sistema Socioenativo: 1) As *affordances* sociais oferecidas pelo cenário; 2) os aspectos intersubjetivos da interação; e 3) os aspectos afetivos da interação. Como proposto por

Baranauskas et al. [11], avaliar o acoplamento tripartite entre o Físico – Digital – Social é um tópico de pesquisa ainda em aberto. Esta pesquisa contribui para a avaliação dos sistemas socioenativos no contexto remoto de interação com o estudo de um caso de criança com TDAH. Segundo a Associação Brasileira do Déficit de Atenção (ABDA), apenas 20% dos brasileiros com TDAH recebe algum tratamento¹⁴. Tecnologias contemporâneas podem ser utilizadas para a reabilitação neuropsicológica [53].

Como trabalhos relacionados, levantamos quatro estudos: [54],[55], [56], [57]. O conhecimento sobre o design universal e a acessibilidade para elaborar materiais didáticos por docentes em computação foi investigado por Sanderson et al. [55]. O estudo envolveu a Análise Temática de uma série de entrevistas realizadas com os participantes na Polônia e Noruega. Dois temas principais foram levantados: *Theoretical Knowledge about Universal Design* e *Practical knowledge about how to make learning materials accessible*. Dos 35 participantes, 13 demonstraram algum conhecimento sobre o W3C-WCAG (Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web) e 18 conheciam algo sobre os princípios do Design Universal (DU). Os autores destacam a necessidade de compreensão sobre o acesso universal entre os docentes, para que eles criem materiais acessíveis para seus alunos, especialmente em relação às necessidades trazidas pelo estudo remoto com a pandemia do Covid-19 [55].

Segundo Sonne et al. [56], o desenvolvimento de tecnologias assistivas para crianças com TDAH deve levar em consideração no design três componentes chave: *sensing*, *assisting* e *recognizing*. O estudo desenvolveu o CASTT, uma ferramenta com tecnologia *wearable* integrada a um aplicativo de *smartphone* que monitora atividades físicas e fisiológicas em tempo real para ajudar a criança a manter a atenção. O estudo realiza uma avaliação da efetividade da ferramenta, concluindo que tecnologias em tempo real baseadas nestes três componentes contribuem para o tratamento de crianças com TDAH.

Outro estudo envolvendo *wearables* investigou as tensões envolvidas nas notificações de um *smartwatch* com coleta de dados fisiológicos para auxiliar no

¹⁴ <https://tdah.org.br/apenas-20-da-populacao-com-tdah-e-tratada-no-brasil/> , acesso em 07/09/2022.

tratamento de TDAH [54]. Os protótipos utilizaram o design participativo envolvendo as crianças e seus responsáveis em *workshops*, grupos focais e entrevistas. O *smartwatch* desenvolvido levantou 3 tensões: atenção e distração; suporte ao controle emocional; e notificações perceptíveis para as crianças e não para os pais. O estudo concluiu a necessidade do envolvimento dos participantes e levantou uma série de melhorias para o design destas tecnologias.

O *framework* proposto por Sonne et al. [57] visa auxiliar os designers no desafio de desenvolvimento de tecnologias assistivas para pessoas diagnosticadas com TDAH. O *framework* é composto de duas dimensões conceituais com suas subcategorias: 1) *Technological dimension* (a) *Manually interacting with information and services*; b) *Automatically executing services based on in-situ analysis of context information*; e c) *Capturing contextual data for later retrieval*); e 2) *ADHD Challenges Dimension* (a) *Social disability*; b) *Academic and occupational failure*; c) *Health problems and psychiatric comorbidities*; d) *Psychological dysfunction*; e e) *Risky behaviors*). Como resultado identificaram estratégias para pesquisas dentro do domínio, tais como o provimento de estruturas que facilitem as atividades e encorajamento por meio de objetivos e recompensas.

Dentre os trabalhos relacionados, observamos que Sonne et al. [56] e Cibrian et al. [54] avaliam a eficiência do propósito do *wearable* desenvolvido, mas não fazem uma avaliação do acesso equitativo do dispositivo e num ambiente ubíquo. A avaliação é realizada com base nas percepções dos participantes dos estudos, não utilizando instrumentos de avaliação. O *framework* de Sonne et al. [57] traz os desafios de pesquisa com o foco de desenvolvimento de tecnologias voltadas para o tratamento de TDAH. Todavia, assim como os outros trabalhos, não realiza uma avaliação do acesso. Esta pesquisa visa contribuir com o desafio de avaliar o acesso equitativo em ambientes com computação ubíqua, por meio do estudo de um caso TDAH e utilizando um instrumento de avaliação. Como não identificamos outros instrumentos voltados para a avaliação do acesso equitativo em ambientes ubíquos, utilizamos o UbiAccess, fruto de nossa pesquisa anterior [15].

Nosso estudo tem sido desenvolvido ao longo de algumas etapas. Primeiro avaliamos os princípios dos padrões formais do DU e WCAG, concluindo que para avaliar um ambiente ubíquo é necessária a união destes dois padrões formais, e é necessária a avaliação da aplicabilidade de cada guideline e critério de sucesso para o ambiente ubíquo [58]. Em seguida, fizemos um estudo aprofundado nestes padrões, o que originou o instrumento UbiAccess [15]. Realizamos um estudo com o caso de uma criança diagnosticada com Transtorno de Espectro Autista (TEA) num contexto de interação remota, onde avaliamos as áreas do UbiAccess com base no caso estudado [51]. Em sequência, apresentamos uma avaliação das recomendações do UbiAccess, utilizando o método qualitativo de Análise Temática e as recomendações do instrumento.

3.3. Estudo de Caso

3.3.1 Contexto e Participantes

Este estudo de caso, realizado no contexto do Projeto Temático de Sistemas Socioenativos, aprovado pelo Comitê de Ética da Unicamp (CAAE 72413817.3.0000.5404), faz uma Análise Temática [18] da oficina Aquarela Virtual realizada em 05/11/2021, na escola CECI da divisão DEdiC¹⁵, parceiro do projeto, situada na Unicamp, Campinas-SP, Brasil. Todos os protocolos de biossegurança foram seguidos. Participaram da oficina 11 crianças (5 meninos e 6 meninas) com idade entre 5 e 6 anos. Os responsáveis dos participantes assinaram os termos de consentimento e as crianças assinaram o termo de assentimento ajustado à sua idade. As crianças foram organizadas em 4 turmas (turmas A-C contendo 3 crianças e turma D contendo 2 crianças). Utilizamos nomes fictícios no relato do estudo. Avaliamos a turma B, onde Letícia, Marília e Luan participaram. A Figura 3-1 :1 mostra uma criança interagindo na oficina. A Figura 3-1 :3 e 3-1:8 mostram Luan interagindo. A seguir, descrevemos um pouco mais sobre o caso do Luan, com as informações fornecidas pela professora:

¹⁵ <https://www.dgrh.unicamp.br/dedic/ceci-integral> , acesso em 12/09/2022.

Luan é uma criança de cinco anos, diagnosticada com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade - TDAH. Cursa a pré-escola em período integral. É curioso com a tecnologia e gosta de conversar com seus amigos, especialmente com Marília. Participou da oficina Aquarela Virtual, acompanhado da sua professora Kelly e da auxiliar Fernanda. Luan participou, aprendeu a tirar fotos e gostou da experiência. Ele ficou curioso com a filmadora no ambiente e por algumas vezes queria sair da sala e ir até os amigos.

3.3.2 Metodologia

Esta pesquisa utiliza um método qualitativo chamado Análise Temática, que consiste na transcrição do vídeo/áudio, seguida pela codificação dos trechos transcritos. Por fim, dos códigos emergem os temas comuns, que são relacionados num mapa temático. Tanto a fase de codificação como a análise dos temas é refeita diversas vezes, até que se chegue a um resultado conciso e coerente [18]. Em seguida, realizamos um estudo de caso utilizando o instrumento de avaliação UbiAccess aplicado à oficina Aquarela Virtual, visando observar se os temas emergidos no mapa temático foram totalmente cobertos pelo instrumento.

3.3.3 Materiais e Métodos

Aquarela Virtual é um sistema desenvolvido pela equipe do Projeto Sistemass Socioenativos para criar uma experiência socioenativa num contexto remoto, descrito em [20], [48], [49]. O sistema explorou os elementos da tradicional música brasileira Aquarela do cantor Toquinho, onde as crianças construíram brinquedos com elementos da música que se tornaram animações no sistema. Além disso, o sistema explora as emoções através dos emojis que foram desenvolvidos com base em atividades em que as professoras trabalharam em sala de aula o universo das emoções com o livro infantil “O monstro das cores” de Anna Llenas.

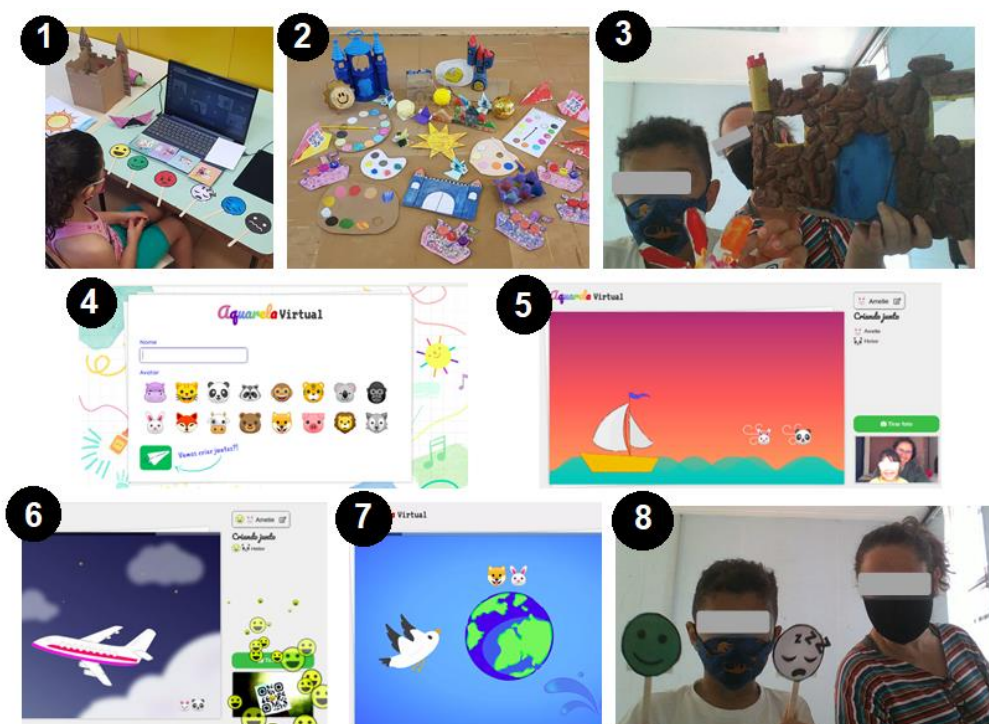


Figura 3-1: 1) criança na oficina Aquarela; 2) brinquedos construídos pelas crianças; 3) Luan e Professora Kelly com o castelo; 4) Avatares na tela de login; 5) Animação do barco; 6) animação do avião, os avatares panda e coelho e a animação do emoji feliz; 7) animação do pingo de tinta, gaivota e avatares; e 8) Luan e Professora Kelly com os *emojis* calmo e sonolento.

O sistema fazia a leitura de códigos QR (*Quick Response*) dos brinquedos das crianças para apresentar animações. As crianças construíram os brinquedos em uma atividade realizada tanto com as professoras quanto com as famílias, trazendo-os prontos para o dia da oficina (Figura 3-1:2). Seis elementos da música foram usados na animação digital: sol, gaivota, pingo de tinta, castelo, barco e avião (Figura 3-1:5,6,7). As crianças se identificam através de seus avatares, escolhidos na tela de login (Figura 3-1:4). Além de utilizar seus brinquedos para interagir, as crianças podiam tirar fotos ou mostrar seus estados afetivos através dos *emojis* (Tabela 3-1). Ao mostrar um *emoji*, uma animação era exibida na tela, por cima da visualização do participante (Figura 3-1:6).

Tabela 3-1: Emojis dos Estados Afetivos do Aquarela Virtual [48].

Estado Afetivo	Feliz	Calmo	Raiva	Triste	Sonolento	Medo
<i>Emoji</i>						

As crianças foram colocadas em 3 ambientes diferentes (sala 1, sala 2 e corredor). Cada criança foi acompanhada de um pesquisador ou de sua professora (Figura 3-2). O ambiente era composto de uma mesa com o laptop, os brinquedos da criança, os *emojis* e uma filmadora. As crianças se comunicavam por meio do Google Meet, plataforma de videoconferência utilizada na universidade. Pesquisadores atuaram remotamente, sendo que dois pesquisadores participaram *in loco*.

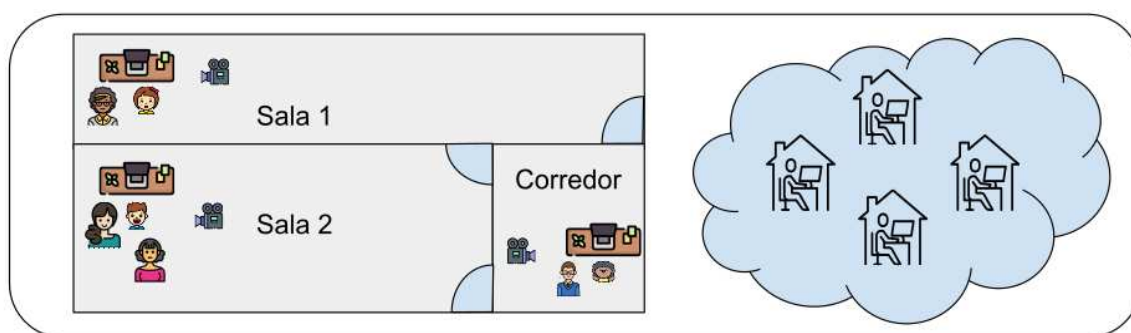


Figura 3-2: Desenho da disposição das mesas e participantes no cenário remoto.

Utilizamos como instrumento de avaliação UbiAccess - explicado em [15]. Ele é composto por 5 áreas (*Environment – EN*, *Information – IN*, *Multimedia Resources – MR*, *Personal – PE*, e *Security & Privacy –SP*) e um total de 37 recomendações (e.g EN12 - *Affordances should be perceivable and understandable by users with different sensory characteristics*.¹⁶), onde o avaliador verifica a conformidade (Sim/Não) das recomendações para saber onde há falta de acesso. Fizemos a impressão do instrumento e a primeira autora realizou a avaliação da conformidade do Aquarela Virtual com as recomendações. Os resultados são comparados com o mapa temático da análise, de modo a identificar onde houve falta de acesso e os pontos que não foram cobertos pelo instrumento de avaliação.

3.3.4 Resultados

A Análise Temática foi realizada pelo grupo de pesquisa seguindo o método detalhado por [18]. Identificamos 4 temas principais (Enação &

¹⁶ Tradução livre: EN12 – *Affordances* (mantemos o termo original) devem ser perceptíveis e compreensíveis por usuários com diferentes características sensoriais.

*Embodiment*¹⁷, Ação no Sistema, Intersubjetividade e Sócio-afetividade) e 22 temas secundários, conforme Figura 3-3. A Tabela 3-2 mostra a frequência dos temas e subtemas encontrados. Os temas são distribuídos dentro dos trechos transcritos, portanto um trecho transcrito pode ter mais de um tema associado.

Luan foi ativo durante toda a oficina, apesar de alguns momentos de distração, dificuldade ou perda da concentração. Os temas emergidos da análise mostram que a Comunicação Verbal é a mais frequente (Tabela 3-2). A Professora e a criança mantiveram diálogos durante praticamente todo o tempo de atividade. É possível notar que a comunicação ocorre não somente de maneira local, mas também de maneira remota. Por meio do Google Meet, Luan chamou a amiga diversas vezes: *‘Por que cê tá aí Mari?’*; *‘Ô Mari! Ô Mari! Num vira!’*. Há também a comunicação remota com gestos quando a Professora e o Luan acenam um ‘oi’ para Letícia.

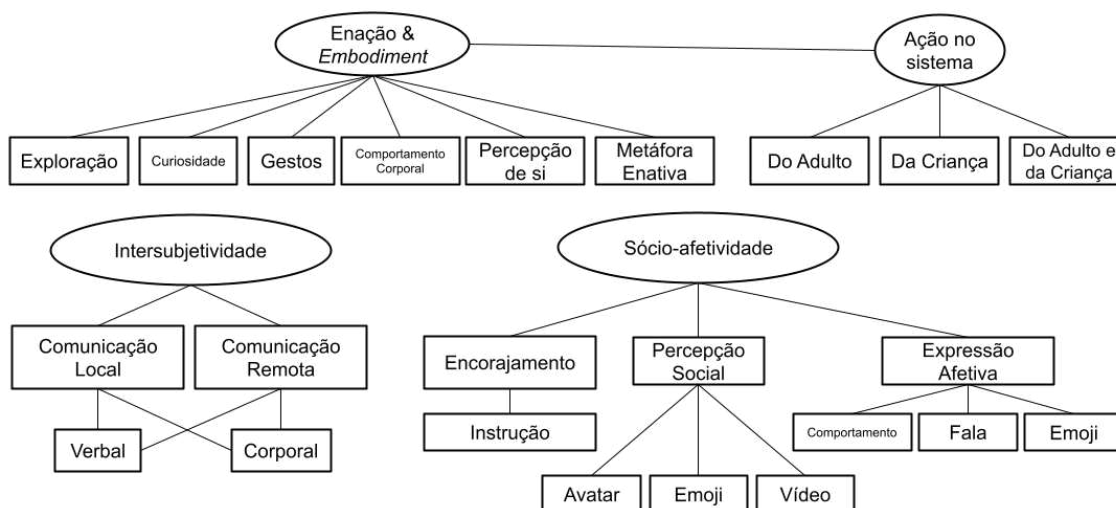


Figura 3-3: Mapa temático - análise da oficina Aquarela Virtual

Expressões afetivas também foram muito frequentes por meio da fala e do comportamento. Um gesto frequente de Luan foi colocar os cotovelos na mesa e apoiar a cabeça na mão (13 vezes). Outras expressões ocorreram por meio de falas *‘hãã! Tá chatoo!’* ou a expressão de raiva através da interjeição *‘grrr’*. Mesmo assim, Luan explorou o Aquarela Virtual várias vezes,

¹⁷ Optamos por manter o termo *embodiment* em seu formato original, sem tradução. Consideramos que possíveis traduções, possuem outras conotações na língua portuguesa.

por exemplo quando pega seu brinquedo aquarela e fala ‘agora esse aqui’ e em seguida tenta mostrar o código QR para a tela. O mesmo ocorreu com o sol.

Tabela 3-2: Temas e número de ocorrências

Tema	Nº Ocorrências
Enação e <i>Embodiment</i> > Percepção de si	23
Enação e <i>Embodiment</i> > Exploração	23
Enação e <i>Embodiment</i> > Curiosidade	03
Enação e <i>Embodiment</i> > Gestos	09
Enação e <i>Embodiment</i> > Comportamento Corporal	44
Enação e <i>Embodiment</i> > Metáfora enativa	15
Enação e <i>Embodiment</i> > Ação no sistema > Do adulto	27
Enação e <i>Embodiment</i> > Ação no sistema > Da criança	12
Enação e <i>Embodiment</i> > Ação no sistema > Do adulto com a criança	16
Intersubjetividade > Comunicação Local > Verbal	92
Intersubjetividade > Comunicação Local > Corporal	10
Intersubjetividade > Comunicação Remota > Verbal	07
Intersubjetividade > Comunicação Remota > Corporal	01
Sócio-afetividade > Percepção social > Avatar	16
Sócio-afetividade > Percepção social > Vídeo	24
Sócio-afetividade > Percepção social > Animação	02
Sócio-afetividade > Encorajamento > Instrução	50
Sócio-afetividade > Expressão afetiva > Comportamento	14
Sócio-afetividade > Expressão afetiva > Fala	07
Sócio-afetividade > Expressão afetiva > <i>Emoji</i>	02

Observamos também o aparecimento de metáforas enativas. Luan olha a animação do barco e vê o *emoji* por cima da água e logo diz: ‘*Eu vou morrer! Eu vou morrer!*’ referindo-se a morrer afogado pois o *emoji* estava fora do barco, causando risos entre ele e a professora. Na animação do avião, Luan reconhece o avatar de sua amiga Letícia, e ao ver que ele estava nas nuvens e não no avião fala: ‘*Ela vai morrer! (...) Ela caiu! Ela caiu!*’. As Figura 3-1:5 e 3-1:6 mostram como os avatares apareciam nestas animações, evidenciando a criação da metáfora pela criança. Como mostra a Figura 3-1:6, quando o código de um *emoji* ou brinquedo é reconhecido pelo sistema, uma pequena animação acontece no canto inferior direito da tela. Com isso, Luan associou que era lá que ele deveria mostrar o código, repetindo este gesto por 12 vezes (na sua compreensão ele ‘dialogava’ com a parte da tela que respondia a ele e não com a câmera). Isso é um dos fatos que contribuiu para que o subtema Instrução fosse o segundo com maior ocorrência. Fernanda instruiu Luan várias vezes dizendo ‘*mostra aquele quadradinho lá na bolinha, mostra*’ (referindo-se à câmera do *laptop* como bolinha), mesmo assim ele continuava mostrando o código no canto da tela.

Outra dificuldade da criança foi relacionada ao seu avião, onde o código QR foi colado numa superfície curva e isso dificultou sua leitura pelo o sistema.

Embora Luan tenha desfrutado da atividade e feito sentido da experiência, observamos que ele teve dificuldade em associar a leitura do código QR pela câmera do *laptop*. De modo a compreender se os temas frequentes foram avaliados pelo UbiAccess (Tabela 3-3), aplicamos o instrumento e obtivemos 03 recomendações que apontam para necessidades de melhorias no sistema (MR1, MR3 e PE4).

Tabela 3-3: Resultados de não conformidade gerados pela avaliação com UbiAccess

ID	Recomendação	Sugestão de melhoria de Conformidade
MR1	<i>Use different modes (pictorial, verbal, tactile) for redundant presentation and favoring maximum “legibility” of essential information.</i>	1) Os avatares da animação que permitem o reconhecimento da outra pessoa brincando junto precisam ser perceptíveis a um deficiente visual. 2) Os códigos QR deveriam prover o acesso tátil para que um deficiente visual possa reconhecê-los e mostrá-los para a câmera. 3) Disponibilizar os <i>emojis</i> em relevo para que os deficientes visuais possam diferenciar qual é cada um através do tato.
MR3	<i>Audio or video content has redundant presentations: audio description, subtitles, sign language interpretation, and media alternatives for text or time-based media.</i>	4) Disponibilizar a legenda da música para que um surdo possa saber o trecho da música que é tocado.
PE4	<i>Facilitate the user’s accuracy and precision.</i>	5) Utilizar códigos QR não dobráveis e afixá-los em superfícies planas, eliminando o problema de leitura quando estes são afixados em superfícies curvas.

Duas recomendações apontaram aspectos necessários de melhoria de acesso voltados para pessoas cegas ou surdas. A não conformidade com a recomendação PE4, tem maior relação com o contexto TDAH, sendo uma possível explicação para a dificuldade de Luan relacionada ao avião que não era reconhecido e que poderia desestimular a criança. Nenhuma recomendação contribui com a associação da câmera *webcam* como o local para leitura dos códigos QR. Analisando as recomendações com o Mapa Temático, quatro temas não foram cobertos pelo UbiAccess: Sócio Afetividade, Intersubjetividade, Enação e *Embodiment*.

3.4. Discussão

A oficina com o Aquarela Virtual possibilitou que as crianças fizessem sentido de interações remotas com outras crianças por meio de sistemas computacionais, utilizando-se também da construção de elementos da música e sua narrativa com materiais concretos diversos, e apoiando o trabalho das professoras sobre a expressão das emoções. Retomando as questões de pesquisa deste trabalho, *P1: Se e Como o Aquarela Virtual promoveu a interação social e o acesso equitativo?*, o mapa temático mostrou que há vários aspectos na interação que não estão relacionados exclusivamente à tecnologia, mas também às relações intersubjetivas (remotas ou locais) entre as pessoas que estão juntas naquela experiência via o sistema e suas tecnologias. Luan percebeu seus amigos através do vídeo do Google Meet, dos avatares, das animações. Apesar da dificuldade em associar a câmera como o local para exibir o código QR, ele foi encorajado e instruído pelas pessoas que estavam ao redor. Além disso, fez sentido da experiência, criando narrativa própria para o que via, quando por exemplo exclamou que sua amiga Letícia “morreria” porque o avatar dela ia cair do céu...

Quanto à *P2: Quais são os desafios para avaliar o acesso equitativo num cenário socioenativo remoto?*, o fato dos participantes estarem em ambientes físicos totalmente separados uns dos outros dificulta a avaliação e a compreensão de todos os fatos daquele momento de interação. Como foi possível observar na gravação, Luan chamou por Marília várias vezes, mas o som de fundo capturado pelo Google Meet não permitiu que identificássemos ou visualizássemos em tempo real a resposta.

Dado o referencial teórico, instrumentos de avaliação são necessários para identificar lacunas no acesso das instalações interativas. O UbiAccess, entretanto, ainda não possui a cobertura necessária para abranger intersubjetividade, sócio-afetividade, e enação & *embodiment*. Ao analisar o acoplamento entre o Físico-Social-Digital de um sistema socioenativo, hoje o UbiAccess ainda precisa estender suas recomendações para cobrir a área Social da interação.

3.5. Conclusão

Este trabalho visou investigar o acesso equitativo num cenário socioenativo remoto, sob a perspectiva de um caso TDAH e com o apoio do cruzamento de resultados da Análise Temática e do instrumento de avaliação UbiAccess. Os resultados indicaram que, apesar do UbiAccess ter sido capaz de revelar pontos que necessitam de melhoria de acesso à instalação, ele precisa cobrir os aspectos sociais que envolvem a instalação.

Limitações do estudo envolvem o convívio direto (não remoto) dos pesquisadores com a criança caso, de modo a entender melhor suas ações, aprofundando a análise dos temas. Trabalhos futuros envolvem desenvolver a área Social para o instrumento UbiAccess e incluir novas recomendações, realizar novas oficinas com o sistema Aquarela Virtual envolvendo pessoas com deficiências sensório-motoras para que possamos aprofundar o estudo do acesso.

Capítulo 4 - Avaliando o UbiAccess - e seu potencial de avaliar acesso em ambientes baseados em computação ubíqua

4.1. Introdução

Ambientes de computação ubíqua possuem uma vasta possibilidade de interações, criadas através dos sensores e atuadores interconectados e dispostos ao redor do ambiente [2]. Ao invés de interpor uma barreira entre usuário e suas relações sociais, como os populares *smartphones*, a interação com a computação ubíqua é realizada de modo transparente para o usuário [1]. Exemplos de tecnologias ubíquas são *wearables*, tecnologias tangíveis, *Internet of Things* (IoT), dentre outras [3].

Os ambientes de computação ubíqua podem ser muito variados. Um experimento *“in the wild”* foi realizado no London Eye (Inglaterra) durante as Olimpíadas de 2012. Neste experimento os participantes tinham seus movimentos cardíacos capturados, os movimentos dos braços capturados por um Kinect e processados num computador, gerando um movimento de luz na própria London Eye [5]. Outro exemplo, já no Brasil, é o cenário escolar explorando uma pulseira *wearable* com sensor de movimento para identificar a movimentação das crianças dentro da sala de aula e tentar compreender as atividades aplicadas [59], [60]. Já no cenário hospitalar um experimento conduzido com crianças em tratamento craniofacial no Brasil utilizou bichos de pelúcia com sensores de pressão embutidos. Os bichos eram abraçados pelas crianças e refletiam num display com o instrumento denominado “abraçômetro”. Além disso, um dos elementos chamado “corujita” tirava foto das crianças durante a interação [61].

Diante de cenários com tantas possibilidades diferentes de interação, como garantir que todas as pessoas tenham acesso equitativo, ou seja, consigam experimentar os cenários e fazer sentido da experiência? O acesso universal e a inclusão é uma preocupação global, expressa inclusive pelas Nações Unidas na Agenda Sustentável 2030¹⁸ que possui 17 objetivos e 169 alvos a serem alcançados pelo mundo até o ano de 2030. O acesso universal é

¹⁸ SDG – Sustainable Development Goals <https://sdgs.un.org/goals>

também um dos 7 grandes desafios de pesquisa em Interação Humano Computador (IHC) no mundo [8]. No cenário brasileiro, tanto a acessibilidade quanto a computação ubíqua são desafios de pesquisa em IHC [9]. Adicionalmente, a comunidade de IHC no Brasil e no mundo ainda têm desenvolvido a maioria das pesquisas em acessibilidade voltadas para o tema web [36].

No que tange aos padrões formais de avaliação, até o momento deste paper os dois grandes referenciais são os Princípios do Design Universal e o W3C-WCAG 2.1 (última versão estável). Nesse sentido, nós desenvolvemos em pesquisa anterior [14] o instrumento de avaliação UbiAccess, que se baseia nestes dois padrões, verificando aquilo que é ou não aplicável em cenários de computação ubíqua. O instrumento faz parte do contexto do Projeto Temático Sistemas Socioenativos (FAPESP #2015/16528-0). Em estudos de casos anteriores, o instrumento foi aplicado e melhorado estudando instalações ubíquas, inclusive em cenários remotos [30] e gerando melhorias no instrumento. nosso objetivo é a avaliação do UbiAccess, por pesquisadores que não estiveram presentes em sua criação ou uso, utilizando dois cenários ubíquos encontrados na literatura [62] e posteriormente respondendo um questionário sobre o instrumento em avaliação.

As questões de pesquisa que nortearam este trabalho são:

P1: O instrumento UbiAccess consegue apoiar a avaliação do acesso equitativo num ambiente de computação ubíqua?

P2: Quais melhorias devem ser aplicadas no UbiAccess para que ele possa cumprir seu objetivo?

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 fazemos a caracterização do problema e apresentamos os trabalhos relacionados e a metodologia do estudo; já a Seção 3 apresenta o estudo de caso e seus resultados; a Seção 4 apresenta a discussão e a Seção 5 conclui os resultados do estudo.

4.2. Domínio do Problema, Trabalhos Relacionados e Método

O acesso equitativo beneficia todas as pessoas, mas especialmente aquelas que possuem algum tipo de deficiência [6]. Segundo Emiliani e Stephanidis [31, p. 606, 612], o acesso universal permite que qualquer pessoa, em qualquer lugar e a qualquer hora possa se beneficiar das tecnologias da informação. Porém, há uma necessidade de desenvolvimento de métodos e ferramentas para design e avaliação do acesso às tecnologias. Segundo Stephanidis e Antona [47], o acesso equitativo ainda é um desafio dentro das tecnologias inteligentes. Nós utilizamos o termo acesso equitativo, para significar acesso de todos na sua maior extensão possível, independentemente de suas capacidades ou necessidades [14]. Consideramos que avaliar o acesso equitativo envolve a tecnologia, as pessoas e o ambiente, compondo o todo que faz parte da avaliação.

Como trabalhos relacionados, um estudo foi realizado visando investigar o W3C-WCAG e as soluções acessíveis para ambientes ubíquos disponíveis na literatura [27]. Como resultado os autores encontraram uma falta de ferramental de avaliação que possibilitasse a avaliação e o design da acessibilidade em ambientes de computação ubíqua. Já no contexto de museus [7], um estudo investigou as características de ambientes acessíveis, observando inclusive a falta de itens básicos de acessibilidade como os pisos táteis. O estudo também abrangeu a parte tecnológica, discutindo sobre a necessidade de ferramentas para explorar o acesso em ambientes de computação ubíqua. Por fim, um estudo [63] buscou compreender como a afetabilidade refletia no acesso universal em ambientes de computação ubíqua.

O instrumento UbiAccess é detalhado na Seção 3.2. Neste trabalho fizemos a avaliação do instrumento, baseando-nos no trabalho de da Silva et al. [61], que reuniu pesquisadores para utilizar o instrumento desenvolvido e fazer a avaliação.

A avaliação foi conduzida de maneira virtual por um grupo de pesquisadores convidados a utilizar e avaliar o instrumento. O processo envolveu o envio das informações de um ambiente de computação ubíqua juntamente com o instrumento UbiAccess. Os avaliadores realizaram duas

etapas: 1) Avaliar as instalações, e 2) Após realizar a utilização do instrumento responder ao formulário de avaliação do UbiAccess.

Após a conclusão do estudo todos os dados serão disponibilizados no REDU (Repositório de Dados da Unicamp)¹⁹ juntamente com os conjuntos de dados associados ao instrumento objeto da pesquisa.

4.3. Estudo de caso

Este estudo de caso foi realizado de maneira virtual, através da divulgação do instrumento para pesquisadores e resultados de sua avaliação foram consolidados com nossas observações anteriores de pontos faltantes. Nesta seção detalhamos a condução do estudo e os resultados obtidos.

4.3.1. Contexto e Participantes

Participaram deste estudo cinco pesquisadores de diferentes áreas de pesquisa, com e sem experiência em acessibilidade, tecnologias de computação ubíqua ou a área de pesquisa Interação Humano-Computador (IHC). O objetivo desta diversidade foi descobrir se o UbiAccess é compreensível para possíveis utilizadores, com diferentes tipos de conhecimento, tornando o instrumento um ferramental de maior alcance. Todos os pesquisadores estão fora do domínio do Projeto onde o UbiAccess foi desenvolvido, bem como não participaram de nenhuma etapa do desenvolvimento do instrumento. Todos os participantes responderam que concordaram em participar do estudo, tendo seus dados anonimizados. Os pesquisadores são residentes das regiões Norte, Sudeste e Sul do Brasil. Foram enviados oito convites de participação, sobre os quais obtivemos cinco respostas concordando em participar do estudo. Vale lembrar que se trata de um estudo de avaliação qualitativo, para o qual os aspectos da diversidade de áreas de atuação (dentro da Computação) dos participantes eram mais relevantes para uma análise preliminar (e qualitativa) do instrumento, do que a questão de escala, necessária para abordagens quantitativas à avaliação do instrumento.

¹⁹ Dataset da pesquisa disponível em <https://doi.org/10.25824/redu/HSPSJT>

4.3.2. Materiais e Métodos

O instrumento de avaliação de acesso equitativo UbiAccess²⁰ (Figura 4-1) foi desenvolvido com base nas *guidelines* e critérios de sucesso do W3C-WCAG 2.1 e *guidelines* do Design Universal, considerando a viabilidade da sua aplicação para os ambientes de computação ubíqua [14], [15]. UbiAccess contém cinco áreas (*Environment, Information, Multimedia Resources, Personal e Security & Privacy*) e 37 recomendações que são distribuídas entre as áreas. O instrumento utiliza o método de verificação de conformidade (Sim/Não) para cada recomendação. Ele está disponível em versão digital (planilha XLS²¹) e versão para impressão (arquivo em PDF). Para utilizá-lo, o avaliador deve assinalar a conformidade para cada uma das recomendações do instrumento, obtendo ao final uma lista de aspectos que não possuem conformidade e podem ser melhorados para prover o acesso equitativo.



Figura 4-1: Logo do instrumento de avaliação UbiAccess

Para avaliar o UbiAccess, os pesquisadores participantes aplicaram o instrumento na avaliação de dois cenários ubíquos chamados Lagon e True Colors [62]. Estes cenários, foram escolhidos por apresentar tecnologias ubíquas com interações sociais, possuírem a descrição textual e o vídeo mostrando a interação. O processo de avaliação do UbiAccess foi realizado utilizando os quatros passos na Figura 4-2 e descritos a seguir. O formulário de avaliação do UbiAccess é apresentado na Tabela 4-1.

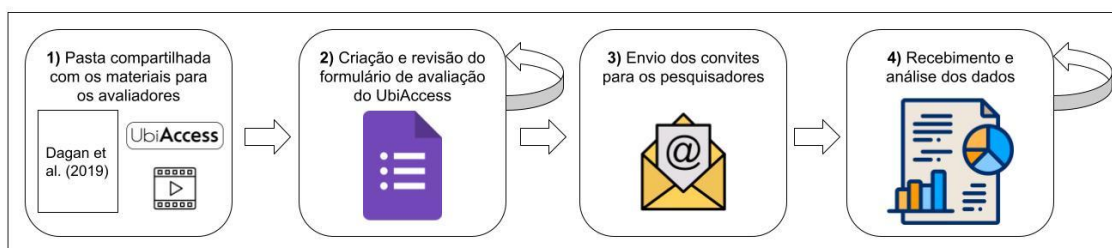


Figura 4-2: Fluxo para realizar a avaliação do UbiAccess

²⁰ UbiAccess está disponível em <https://doi.org/10.25824/redu/HSPSJT> [10].

²¹ XLS é o formato de planilhas do Microsoft Excel última versão (2023)

- 1- Criação de uma pasta compartilhada no Google Drive²² contendo o instrumento UbiAccess em XML, os vídeos dos dois cenários que seriam avaliados, e o artigo que descreve os cenários [62];
- 2- Criação de um formulário no Google Forms com o objetivo de avaliar o UbiAccess e receber o upload das avaliações dos cenários. O formulário continha as instruções de avaliação e o questionário em si;
- 3- Envio do convite para os pesquisadores de diversas áreas com o prazo de duas semanas para recebimento das respostas;
- 4- Recebimento e análise dos resultados.

Tabela 4-1: Formulário para Avaliadores do UbiAccess

#	Pergunta
1	Você consente em participar desta avaliação e permite utilizar os dados coletados (a serem anonimizados) para realização e continuidade da Pesquisa? (Sim/Não);
2	Você atua em pesquisa/trabalha com acessibilidade? (Sim/Não/Outro);
3	Você atua em pesquisa/trabalha com tecnologias ubíquas (Wearables, IoT, tangíveis, etc)? (Sim/Não/Outro);
4	Qual a sua área de Pesquisa? (Resposta dissertativa aberta);
5	As áreas do UbiAccess cobriram todos os elementos que deveriam ser avaliados nos cenários? (Sim/Não: Comentário);
6	As recomendações do UbiAccess cobriram todos os elementos de cada área avaliada nos cenários? (Sim/Não: Comentário);
7	Como você considera a utilização do UbiAccess (Usabilidade, acessibilidade, utilidade)? (Resposta dissertativa aberta);
8	Outras observações do avaliador.

4.3.3. Resultados

Este artigo visa avaliar o instrumento e não os aspectos dos cenários (Lagon²³ e True Colors²⁴ [62]), utilizados pelos avaliadores para aplicação do UbiAccess. As avaliações dos cenários serão tratadas posteriormente em novos estudos. Apresentamos a seguir os resultados obtidos sobre o instrumento. Com relação à Pergunta 1, todos os participantes aceitaram participar da pesquisa. Já na Pergunta 2, 60% dos participantes trabalham com acessibilidade. Com relação à Pergunta 3, 20% atuam com tecnologias ubíquas.

²² Utilizamos a Plataforma Google pois ela é oferecida pela Universidade onde realizamos a pesquisa.

²³ Lagon – YouTube Vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=RRv0wEOLaaY> [62]

²⁴ True Colors – YouTube Vídeo <http://www.eventhorizonlarp.com/2-new-gyr.html> [62]

Identificamos os pesquisadores com os prefixos A1 até A5. Com relação à Pergunta 4, identificamos as seguintes áreas de pesquisa dos avaliadores:

- **A1** - Interação Humano Computador, Valores Humanos, UbiComp;
- **A2** - Interação Humano-Computador e Informática na Educação;
- **A3** -Acessibilidade em Jogos Educacionais;
- **A4** - Redes definidas por software (SDN);
- **A5** - Processamento de Linguagem Natural.

As respostas às perguntas 5 a 8 estão apresentadas na Tabela 4-3, Tabela 4-4, Tabela 4-5 e Tabela 4-5.

Tabela 4-2: Pergunta 5 - As áreas do UbiAccess cobriram todos os elementos que deveriam ser avaliados nos cenários?

Avaliador	Resposta
A1	Depende. Qual é o propósito da UbiAccess? Se for acessibilidade, me parece que é bastante abrangente e contempla todos os elementos necessários (por exemplo os princípios do Design Universal). Vai até além, ao incluir a área de <i>Privacy, Security e Safety</i> .
A2, A3, A4, A5	Sim.

Tabela 4-3: Pergunta 6 - As recomendações do UbiAccess cobriram todos os elementos de cada área avaliada nos cenários?

Avaliador	Resposta
A1	Sim, parecem abrangentes e completas. Entretanto, na área de "Privacy, Security e Safety", creio que o conceito de privacidade de dados não aparece. Não há uma recomendação sobre como os dados dos usuários são coletados, armazenados, processados e excluídos, nem como os usuários acessam esses dados. Eu entendo que esse tipo de preocupação pode ser da Computação Desktop e Mobile, mas imaginando que o Lagos, por exemplo, armazena informação de áudio de uma conversa, essa coleta de informação é de algo sensível e deve haver preocupações de privacidade de dados. Como fazer isso no cenário ubíquo e como prover formas de interação com esse tipo de privacidade em cenários ubíquos é um desafio e por si só seria uma questão de pesquisa.
A2, A3, A4, A5	Sim.

Tabela 4-4: Pergunta 7 - Como você considera a utilização do UbiAccess (Usabilidade, acessibilidade, utilidade)?

Avaliador	Resposta
A1	Usabilidade: fácil de utilizar, fácil de compreender. Algumas recomendações, entretanto, não consegui entender o que elas queriam significar (deixei marcado diretamente na planilha quais são essas). Acredito que um exemplo de preenchimento ajudaria, além de uma descrição para cada elemento do formulário. Utilidade:

Avaliador	Resposta
	achei útil para minha própria pesquisa e prática de criação de tecnologias ubíquas. Eu defendo um valor de acessibilidade, então ter apoio para tornar as tecnologias mais acessíveis é algo que sinto falta e que vai me ajudar diretamente. Acessibilidade: Eu consegui acessar e preencher facilmente o UbiAcess. Creio que também poderia ser lido por um leitor de tela com o "tab". Entretanto, não há opção para surdos (LIBRAS, no Brasil) sobre o texto do formulário. O formulário também está na linguagem inglesa, que para mim não foi uma dificuldade, mas poderia ser para uma pessoa que fala apenas Português.
A2	Acredito que faltam maiores instruções para o preenchimento e entendimento do instrumento, como alguns exemplos de uso e os modelos de aplicação.
A3	Achei fácil de usar, a ferramenta me ajudou a pensar em problemas de acessibilidade e usabilidade e encontrá-los com maior facilidade. No entanto, a caixa de seleção (de sim ou não) da planilha não é evidente. Além disso, a fonte dela é menor que a de todos os itens da planilha. A planilha também é muito longa, com muitos campos vazios, tanto para a direita quanto para baixo, isso limita o espaço de visualização do UbiAccess. Se os campos que não estão sendo utilizados forem apagados, a visualização da ferramenta vai ficar mais evidente e menos poluída.
A4	É interessante para se ter a validação de um produto ou método, mas algumas coisas de usabilidade poderiam ser melhoradas. Apenas "Sim" ou "Não" nas respostas é muito limitador, há casos em que as recomendações simplesmente não se aplicam ao contexto que se é esperado de uso do produto, o que deixa meio ambíguo se deveria ser assinalado "Sim" ou "Não" nesses casos e isso afeta o relatório final. Aliás, o relatório final não estava sendo preenchido automaticamente quando fiz o uso do UbiAccess, então eu adicionei as fórmulas nas células para fazer o preenchimento. Um outro detalhe é que as notas não quebram automaticamente o texto ou expandem a célula de acordo com o tamanho do conteúdo inserido, o que afeta a legibilidade da ferramenta.
A5	Foi útil ajudou a obter informações importantes sobre as considerações do <i>wearable</i> e serviu para entender algumas possíveis melhoras que pode ter. A usabilidade foi fácil de responder em muitos casos, embora algumas perguntas ficaram um pouco difícil para mim por falta de conhecimento das informações.

Tabela 4-5: Pergunta 8 - Outras observações do avaliador

Avaliador	Resposta
A1	Parabéns pela iniciativa. As recomendações estão padronizadas, o formulário está fácil de entender e de aplicar. O formulário não é muito extenso, e parece que todos os elementos são realmente relevantes. Alguns elementos não serão totalmente aplicáveis em todos os cenários (por exemplo recomendações sobre texto em tecnologias que não usam texto). Como apontei, algumas recomendações não consegui entender. Essas devem ser revistas e melhor descritas. Senti falta de um documento ou texto que explicasse a criação do formulário e suas referências, qual o propósito do formulário, como ele pode ser utilizado, para quem ele se aplica, quem pode utilizá-lo e quando pode ser utilizado (uma descrição sobre as questões 5W2H sobre o formulário UbiAcess).

A2	Uma pesquisa com tema moderno e de alta relevância para a sociedade. Parabéns aos autores.
A3	Senti falta de um item "não se aplica" na caixa de seleção, pois nem todos os critérios poderiam ser aplicados aos wearables que avaliei.
A4	Por não ser da área de IHC, talvez algumas avaliações não fizeram sentido ou ficaram confusas, então preferi responder pelo critério que eu imaginava se enquadrar de acordo com a diretiva. Por exemplo, questões de acessibilidade do produto não se limitam apenas a percepção visual, tátil ou auditiva, mas fizeram mais sentido para serem avaliados do que limitações capacitivas.
A5	Há casos em que não considero justo dar uma resposta porque o âmbito do wearable usado não se aplica à recomendação, mas foi devido ao seu design e finalidade e não à não consideração. Nesse caso deixe algumas sem responder.

Com relação ao levantamento de lacunas no UbiAccess, apontadas em publicações anteriores sobre seu uso, obtivemos os seguintes resultados na Tabela 4-6:

Tabela 4-6: Levantamento sobre desafios para o UbiAccess apontados em estudos anteriores

Publicações	Desafios apontados no UbiAccess
[12]	a) Dimensão do acesso / acessibilidade na computação ubíqua ainda não é clara; Combinação de diferentes possibilidades na dimensão Física, Digital e Social criam interações únicas e imprevisíveis que desafiam a avaliação do acesso; b) Movimentos corporais - o próprio corpo do usuário é um veículo de interação, usuário é parte do ambiente; Movimentos livres; c) Interações naturais; Não tem interface clara; Múltiplas fontes de saída;
[15]	d) Sensores e atuadores, <i>embedded technology</i> ; e) Luzes, vibração, efeitos de som, interações táteis, dados fisiológicos, captura de movimentos, presença, voz, sons de barulhos
[14]	f) Consentimento do usuário para dados armazenados ou informações coletadas: Como os ambientes ubíquos podem coletar e processar imagens, vídeos e dados fisiológicos, usuários podem se sentir inseguros e não saber como os dados coletados serão usados. A insegurança pode reduzir o acesso já que o usuário pode não se sentir confortável para aproveitar e interagir com a instalação
[30]	g) Relações com o grupo; Relações intersubjetivas (remotas/locais); h) Valores pessoais, emoções, gênero, aspectos culturais;
[22]	i) Enação e <i>Embodiment</i> : Exploração, Curiosidade, Gestos, Comportamento corporal, Percepção de si, Metáfora enativa;

Publicações	Desafios apontados no UbiAccess
	j) Social não é tratado; Sócio-afetividade: Expressão afetiva, Percepção social;

4.4. Discussão

Retomando as nossas questões de pesquisa, com relação a **P1**: *O instrumento UbiAccess consegue apoiar a avaliação do acesso equitativo num ambiente de computação ubíqua?*: os avaliadores responderam que as **áreas** do instrumento foram capazes de cobrir todos os elementos do cenário, inclusive um deles menciona que o instrumento foi além, ao apresentar a área de *Security & Privacy*. Com relação às **recomendações** do instrumento, todos avaliaram que sim. Todavia, um dos avaliadores apontou a necessidade de recomendações referentes à privacidade dos dados, considerando que um dos cenários avaliados coletava informações de voz dos usuários.

Vamos agora considerar a **P2**: *Quais melhorias devem ser aplicadas no UbiAccess para que ele cumprir seu objetivo?*: as perguntas de 5 a 8 foram voltadas para a avaliação do instrumento UbiAccess. A pergunta 5 (Tabela 4-2) considerou se as áreas do instrumento UbiAccess (*e.g. Environment, Information*) conseguiram avaliar os cenários. Quatro avaliadores responderam apenas “Sim” enquanto um deles se aprofundou na resposta com o questionamento “Qual é o propósito do UbiAccess” e em seguida responde que se for acessibilidade o instrumento é bastante abrangente. Tal questionamento nos faz refletir na necessidade de deixar claro às pessoas que vão utilizar o instrumento para que ele serve e o que se espera obter como resultado. A pergunta 6 (Tabela 4-3) tinha por objetivo compreender se as recomendações estavam adequadas para os elementos avaliados. Quatro avaliadores responderam apenas “Sim” enquanto um dos avaliadores apresentou a necessidade de uma recomendação sobre privacidade, observando a coleta de dados. Quando observamos os resultados da pergunta 7 com a pergunta 8 (Tabela 4-4, Tabela 4-5) observamos que as questões da área Social não emergiram, assim como *Embodiment*, Metáfora enativa, movimentos Corporais,

aspectos culturais, relações intersubjetivas, entre outros conceitos da experiência enativa. No entanto, o aspecto de privacidade que já havia sido observado também foi levantado, confirmando a necessidade de inclusão de recomendações também sobre este tema. O uso da ferramenta por terceiros, possibilitou os apontamentos de melhorias sobre a conformidade e até mesmo a formatação do instrumento. Estes itens também são extremamente importantes para que o instrumento se torne adequado ao uso.

Comparando as avaliações dos pesquisadores com os desafios apontados em publicações anteriores (Tabela 4-6), observamos que as questões da área Social não emergiram, assim como *Embodiment*, Metáfora enativa, movimentos Corporais, aspectos culturais, relações intersubjetivas, entre outros conceitos da experiência enativa. No entanto, o aspecto de privacidade que já havia sido observado também foi levantado, confirmando a necessidade de inclusão de recomendações também sobre este tema. O uso da ferramenta por terceiros, possibilitou os apontamentos de melhorias sobre a conformidade e até mesmo a formatação do instrumento. Estes itens também são extremamente importantes para que o instrumento se torne adequado ao uso.

4.5. Considerações finais

O desafio de avaliação de acesso equitativo em ambientes de computação ubíqua requer o desenvolvimento de instrumentos que considerem os novos tipos de interação das pessoas com tecnologias no ambiente. Neste estudo investigamos, através da perspectiva de outros pesquisadores, se o instrumento UbiAccess é capaz de avaliar cenários ubíquos, encontrados na literatura, além de apontar melhorias necessárias no instrumento.

Identificamos como limitações do estudo a falta de pesquisadores com deficiência avaliando o instrumento, além de perfis de avaliadores com experiência anterior em computação ubíqua. Além disso, o número de avaliadores precisaria ganhar escala, o que propomos como desdobramentos deste trabalho em uma versão mais estável do UbiAccess. Ainda como trabalhos futuros, sugerimos a implementação das sugestões dos avaliadores no

instrumento, atualizando-o no local em que ele se encontra disponível²⁵. Por fim, incluir não somente os pontos considerados pelos avaliadores, mas também os pontos que pesquisas anteriores já identificaram como necessários para a avaliação do acesso em ambientes ubíquos.

²⁵ Versão digital e versão para impressão do UbiAccess: <https://doi.org/10.25824/redu/HSPSJT>

Capítulo 5 – Discussão e Conclusões

Este trabalho de pesquisa visou abordar a problemática do acesso equitativo em ambientes de computação ubíqua. Esses ambientes contemporâneos geram inúmeras possibilidades de interação, dificultando ainda mais a avaliação do acesso.

Retomando as perguntas de pesquisa: **P1:** *É possível criar um instrumento de avaliação de acesso para ambientes de computação ubíqua com base nos padrões formais de acessibilidade?* concluímos que é possível, por meio da criação do instrumento de avaliação UbiAccess, que emergiu dos padrões formais de avaliação de acessibilidade: Design Universal e W3C-WCAG. Observamos que apenas um padrão formal não foi capaz de fazer a avaliação completa, mas a união de ambos apresentou resultados positivos. Identificamos que nem tudo que está presente nos padrões formais era aplicável ao ambiente de computação ubíqua, assim como houve aspectos da computação ubíqua que ainda não foram cobertos pelos padrões formais.

Consideremos a **P2:** *O instrumento criado é capaz de cobrir as três dimensões: Física, Digital e Social?* Identificamos por meio dos nossos estudos de caso e da avaliação realizada por outros pesquisadores que as áreas Física e Digital foram cobertas; todavia, ainda faltou a cobertura da área Social. Nossa pesquisa de mestrado foi realizada dentro do contexto do Projeto Sistemas Socioenativos, em que consideramos a importância do Social (e.g. cultura, crenças, emoções) criando interações únicas. Outro aspecto são as interações através do corpo que se torna parte e veículo de interação. Considerar o Social é compreender que a interação com a tecnologia onipresente (ubíqua) acontece por meio de pessoas que interagem. Criar a área Social e suas recomendações é por si só um desafio de pesquisa.

O instrumento foi avaliado não somente nos estudos de caso que realizamos, mas também por um grupo de pesquisadores de diversas áreas com e sem experiência em acessibilidade, de modo a garantir perspectivas diferentes na avaliação e permitir detectar melhorias necessárias. Isso vai ao encontro da nossa proposta, ou seja, que nosso instrumento seja acessível para avaliadores, sejam eles da área de IHC ou não. As melhorias no instrumento serão aplicadas

durante o doutorado, o qual já se inicia logo após a conclusão do mestrado. Primeiramente pretende-se aplicar as melhorias estruturais relacionadas a linguagem, compreensão, organização e versão em português. Assim buscamos esclarecer a dúvida de um dos avaliadores no próprio instrumento, explicando qual é o seu propósito. Em seguida, serão necessárias duas abordagens para expansão: 1) análise sobre como realizar a cobertura dos aspectos da ubiquidade levantados pelos estudos de caso; e 2) desenvolvimento da área Social e suas recomendações.

O UbiAccess está disponível em versão xml e versão para impressão no seguinte endereço eletrônico indicado na referência [10]. Futuras atualizações do instrumento serão incluídas nesse mesmo endereço. Os dados da pesquisa já estão disponíveis no Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp – REDU [10], [25].

Dentre as limitações deste estudo está o cenário de pandemia Covid-19 ocorrido durante grande parte do tempo de realização desta pesquisa. Apesar de experimentarmos um cenário remoto com a participação de pessoas com deficiência, ainda assim o recrutamento e participação por causa do Covid-19 foi ainda mais difícil que tradicionalmente em situações presenciais. No que tange aos participantes com deficiência, a falta de convívio com as crianças nos estudos de caso e suas famílias, também limita as conclusões, dificultando a obtenção de mais dados para a pesquisa. Além disso, apenas foi possível conseguir participantes com deficiências cognitivas, deixando em aberto a necessidade de estudos com participantes com deficiências visuais, auditivas e motoras. Por fim, consideramos também uma limitação a falta de pessoas com deficiência utilizando o UbiAccess para avaliar os cenários. Acreditamos que tal perspectiva traria contribuições adicionais.

Trabalhos futuros adicionais serão realizados no doutorado que já está em andamento. Eles incluem o desenvolvimento de um framework conceitual e prático para contextualizar a dimensão da acessibilidade nos ambientes de computação ubíqua e o aprofundamento das áreas do instrumento UbiAccess. Além disso, seria necessário incluir a área Social e suas recomendações, fundamentadas nos princípios da literatura e como sugerido pelos avaliadores,

disponibilizar uma versão em português do instrumento. Um desafio que contribuiria para o desenvolvimento deste framework seria o design conjunto com pessoas com deficiência, trazendo contribuições e pontos de vista de suas perspectivas de vida. Adicionalmente, outra direção é realizar uma avaliação do framework, tentando abranger um maior número de participantes com e sem deficiência, dentro e fora da área de IHC. Pretendemos também aplicar as melhorias propostas para que o framework seja entregue em versão estável, assim como os dados produzidos na pesquisa.

É desejável também a criação da versão online do instrumento que permita a geração de relatórios otimizados da avaliação. Por fim, a W3C está desenvolvendo o WCAG versão 3.0 que visa a cobertura de tecnologias *wearables* que fazem parte do escopo da computação ubíqua e a inclusão de *guidelines* voltados para as deficiências cognitivas. Nesse sentido, avaliar a versão final do WCAG 3.0 tem grande potencial de contribuir com a avaliação dos cenários ubíquos e com o instrumento. Essa nova versão certamente terá impacto nas recomendações do UbiAccessss, requerendo uma nova análise da aplicabilidade das *guidelines* e sua distribuição dentro das áreas do instrumento.

Como apresentado no Capítulo 1, a Computação Ubíqua e o Acesso Universal são dois grandes desafios de pesquisa em IHC [9]. Nossa pesquisa mostra o quão desafiador é trabalhar com estes cenários, através do desenvolvimento de ambientes ubíquos, recrutamento de participantes com diversas deficiências e obtenção de dados dos participantes para corroborar com as conclusões obtidas. Outro aspecto desafiador é o acesso equitativo, ou seja, para todas as pessoas. Ampliar o escopo de abrangência traz desafios de recrutamento de participantes, todavia é necessário para que possamos criar ambientes cada vez mais inclusivos.

Por fim, participo da Sociedade Brasileira da Computação e fui premiada pelo primeiro concurso de fotografia amadora realizado em 2021. Recebi o prêmio do primeiro lugar, correspondendo à publicação da fotografia na Revista Computação Brasil, nº 45, p. 23²⁶. A página da publicação encontra-se no

²⁶ Link da página: <https://www.sbc.org.br/component/flippingbook/book/52/1?page=23> , Link da Revista https://www.sbc.org.br/images/flippingbook/computacaobrasil/computa_45/pdf/CompBrasil_45.pdf

Apêndice III (Figura 7-1). É importante que os discentes participem ativamente das atividades das Sociedades Científicas, de modo a estarem em contato com as atualidades da pesquisa. Por este motivo, destaco a obtenção deste prêmio.

Apêndice I – Resumo Expandido HCII 2023: Access Evaluation in Ubiquitous Computing Environments: A Systematic Mapping

Ubiquitous computing are contemporaneous technologies (e.g. wearables, IoT, Tangible) which allows a diversity of interaction possibilities [3]. Ubiquitous computing are spread in the surroundings with interconnected sensors, actuators and other technologies [1], [2]. Moreover, ubiquitous computing should provide a transparent interaction [2].

The development of contemporaneous technologies also requires the study of access. Accessibility and Universal Access are one of the 7 HCI Grand Research Challenges worldwide [8]. Inclusion and access are also a concern in the Sustainable Development Goals (SDG) from the United Nations. Worldwide recognized access evaluation standards (e.g. Universal Design and W3C-WCAG) are not focused on ubiquitous scenarios. The Universal Design, for instance, provides guidance specially to the environment and its surroundings. The W3C-WCAG latest stable version 2.1 covers accessibility in web solutions. Considering HCI research, accessibility has largely been discussed in the web paradigm with few studies focusing on the ubiquitous computing paradigm [36]. Furthermore, investigating the interaction of people with different needs with computing technologies and developing tools and methods to evaluate access in these environments are a necessity [31], [32].

Considering the contemporaneous interactions scenarios, the challenge of investigating access, and the lack of standardized worldwide evaluation tools to ubiquitous computing, this systematic mapping presents the state of the art in this research field. Our objective is to identify if there are tools to assess equitable access in ubiquitous environments. Additionally, we aim to understand if these tools can identify the lack of access in ubiquitous computing environments. Our research questions are: *R1: Are there tools to evaluate access in ubiquitous*

environments?; R2: Do these tools evaluate the Digital, Physical and Social aspects of an ubiquitous environment?.

Our methodology follows the systematic reviews procedures [64]. We use the PRISMA protocol [9] with the search string (*“ubiquitous computing” OR “ubiquitous environments”*) AND (*“universal access” OR “universal design” OR “equitable access” OR “accessibility”*) AND (*“framework” OR “guideline” OR “evaluation” OR “instrument”*). We applied the search string in ACM DL, IEEE and Scopus bases. We found a total of 1132 studies (ACM DL: 906, IEEE: 120, and Scopus: 104). The expected results include finding instruments, guidelines, or frameworks capable to assess access in ubiquitous environments. Within the analysis we want to identify: 1) Are the solutions are focused on specific disabled people (e.g. blind, deaf)?; 2) Are the solutions focused in what type of ubiquitous computing (e.g. tangible, wearable); and 3) How are the solutions evaluated? These results allows the identification of the state of the art and the lacks in access evaluation of ubiquitous environments within the literature works.

Apêndice II: Access in a Remote Socioenactive Scenario: a Case Including Autistic Spectrum Disorder Issues

6.1. Introduction

Ubiquitous Computing is a contemporary technology that has been evolving during the years. It has become part of our daily lives through wearables, tangibles, Internet of Things (IoT) among others. Ubiquitous Computing is idealized to allow a transparent interaction throughout a variety of sensors and devices spread into the environment's surroundings [1]–[3]. These devices collect and process a huge diversity of data allowing interactions through movements, gestures, proximity-distance, or speech, to name a few. Ubiquitous Computing Environments can be present in a huge diversity of scenarios contributing, for instance, to improve learning conditions in schools [52], healthcare in hospitals [4], [61], or immersion in museums [13], [16].

An “in the wild” ubiquitous environment was, for instance, conducted during the 2012 Olympics [5]. It connected a physiological heart beating sensor, a Microsoft Kinect device, a computer, and the London Eye, in England. The participants wore an earring accessory with the sensor and freely moved their

arms in front of the Kinect device. The system captured the physiological data to combine the emotions of the participant with the arm movements. As a result, different combinations of colors were exhibited at the London Eye.

New computing interaction possibilities bring the necessity of conducting research to guarantee equitable access to all people, regarding their physical, intellectual, or sensorial conditions. The investigation of the factors dynamically involved with the integration and cooperation across the elements spread in a technological environment need to consider the universal access perspective [32, p. 448]. Although Ubiquitous Computing is a contemporaneous technological concept, the HCI community still concentrates most of its accessibility studies on web accessibility [36].

Accessibility and Universal Access are one of the worldwide Seven Research Challenges in Human Computer Interaction (HCI) [8]. Additionally, Accessibility and Ubiquitous Computing are two of the Brazilian HCI research challenges [9], in which our research has been conducted to address these challenges. Finally, the Sustainable Development Goals (SDG)²⁷ organized by the United Nations to cooperate to a more equitable world under the perspective “*Leave no one behind*”. Within the 17 goals and 169 targets, the inclusion of disabled people is included in the 4th, 8th, 10th, 11th and 17th goals²⁸. In our research we directly collaborate with the following goals: a) 4th goal, through promoting inclusion in school activities; and b) 10th, through technological and social inclusion.

Socioenactive Systems are instances of Ubiquitous Computing Environments. In this sense, a Socioenactive Scenario dynamically couples the Physical, the Digital and, the Social dimensions. Body, environment, and the physical space are examples of the Physical Dimension. The Digital dimension embraces for instance, the software and the digital media. Finally, the Social dimension involves the people, the society, the cultural milieu, and human values, to name a few [11], [61]. The concept of Socioenactive Systems has been

²⁷ SDGs: <https://sdgs.un.org/goals>

²⁸ <https://www.un.org/disabilities>

developed in the FAPESP Thematic Project #2015/16528-0²⁹, within which this research takes place.

The Covid-19 Pandemic declared on March 12th 2020 by the World Health Organization brought new challenges and possibilities of research alongside the sanitary protocols, restrictions and social isolation. Due to the restrictions instituted by the Pandemic situation, the Socioenactive Project research team developed the “Aquarela Virtual” (Virtual Watercolor) system [19]–[21], [50] aiming to investigate these scenarios in a remote context of a kindergarten school.

Our objective in this article is to investigate equitable access in the “Aquarela Virtual” system through the thematic analysis of the interactions of an Autism Spectrum Disorder – ASD (preschool age) child and an evaluation activity with all the children participants. In the evaluation activity we used the UbiAccess instrument [14], [15], [30] including the case of Alvaro (fictitious name) a child diagnosed with ASD. We aim to answer two research questions:

RQ1: *Is it possible to identify equitable access in the use of “Aquarela Virtual”?*

RQ2: *Are the UbiAccess areas effective to evaluate access in a socioenactive remote scenario?*

This paper is an extension of the conference paper [30], presenting the following new results - a) The teacher’s classroom interview about the workshop effects on the children especially as regards the ASD child; and b) The thematic analysis of the ASD child interaction in the workshop to improve the understanding of access in the context.

The paper is organized as follows: Section 2 presents the research domain and related works; Section 3 presents the methodology; Section 4 presents the Case study; Section 5 discusses the research and its results, and section 6 concludes the paper.

²⁹ Socioenactive Systems: Investigating New Dimensions in the Design of Interaction Mediated by Information and Communication Technologies (FAPESP #2015/16528-0) <https://socioenactive.ic.unicamp.br>

6.2. Research Domain and Related Work

According to [31, p. 606, 612] Universal Access allows the access to information technologies by everyone, everywhere and everytime. Likewise, there is the necessity of developing methods and technologies to support the design of universal access solutions. Besides, there is a need for supporting tools to analyze requirements and necessities of individuals in new types of environments. Furthermore, inclusive design benefits all people who interact in the environment, not only those with special needs, such as people with some permanent disabilities or temporary impairments [32]. As Stephanidis and Antona [47] argues, the challenges of equitable access are still an open question regarding intelligent technological ecosystems.

In this research we define *equitable access* as the possibility that people, regarding their specific necessities, have access to technologies and technological environments. In addition, people should be able to make sense of the interactive experience. Equitable access allows a person to make sense of an interactive experience in the ubiquitous computing environment like any other participant [14]. We believe disabled people (with sensorial, motor, or cognitive impairments) are the ones who most benefit from equitable access. Data from the last Brazilian census (2010) pointed out that 24% of the population (around 46 million people) declared some type of disability³⁰. Furthermore, the National Health Research³¹ supported by the Ministry of Health in partnership with the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) presents additional data about disabilities. The last available data, from the year 2019, indicated that 1,2% of people had some mental or intellectual disability.

The pandemic also brought new challenges in contexts of education, accessibility and schools being forced to begin remote classes without any preparation. This challenge is increased when dealing with preschool children in the remote context. Moreover, the challenge when addressing equitable access in these scenarios also increased. Furthermore, we as a research community

³⁰ <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html> . Data from 2022 census is still not released by the time we are writing this paper.

³¹ *Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) – National Health Research:* <https://www.pns.icict.fiocruz.br/painel-de-indicadores-mobile-desktop/>

should conduct investigation that addresses real-world problems, such as prioritizing inclusion [65]. Considering the school environment, *“learning happens in classrooms but is also a process that involves people making meaning from their experiences and creating understandings in a variety of settings, from the workplace to the daily* [66, p. 30]. In conclusion, a *“truly supportive and inclusive learning environment should prioritize and foster social connections with others”* [67, p. 41].

This paper addresses the challenge of ubiquitous environments in remote scenarios in a preschool environment, extending the analysis we previously published [30] by adding the interview with the teacher of the participants and the thematic analysis of the ASD child interaction during the workshop. At the same time we investigated equitable access in the scenario of “Aquarela Virtual”, we also investigated an Attention Deficit Hyperactivity Disorder – ADHD child [22].

6.2.1. Related Work

As related work in the context of ubiquitous computing and disabled people, we point out the DIX (Disability Interaction) movement that has been performing research considering disabilities, impairments, and special needs as innovation opportunities [68]. The DIX group develops inclusive and assistive technologies, such as a wheelchair that becomes an object of Internet of Things (IoT). The IoT object allows the wheelchair to connect itself to a mobile app that helps to find and map accessible wheelchair streets and places in the city.

Considering collaborative technologies for disabled children, a systematic literature review [69] concluded that the scientific community has given attention to embodied interaction and tangible devices. Additionally, the paper revealed that Autistic Spectrum Disorder - ASD children are a frequent target of the literature.

An investigation of universal access in museums [7] evaluated different museums and observed the need for aspects involving access in a global perspective: environment, technology and everything that surrounds them. Their research also revealed the lack of basic accessibility resources such as tactile floors. Nevertheless, the authors discussed ubiquitous computing environments

and socioenactive scenarios which benefit from the social to create unique interactions experiences.

Regarding formal evaluation patterns and universal access, we point out the work of [27] that analyzed the application of W3C-WCAG 2.0 (Web Content Accessibility Guidelines)³² in a ubiquitous and pervasive environment. Moreover, Gonçalves et al. analyzed the available solutions in the literature for visual, hearing and motor disabled people. The results of the research pointed out the lack of specific tools and methods for design and assessment of ubiquitous environments to help in the development of inclusive solutions.

An investigation of a socioenactive scenario used the Affectability Principles (Paff) to investigate universal access [63]. The study took place at a craniofacial hospital with children participants in Brazil. The authors analyzed how affection could help in achieving universal access in socioenactive systems. As a result, the study generated a group of recommendations for interactive artifacts designers considering the aspects of affectability to promote universal access within these scenarios.

UbiAccess is an equitable access assessment instrument for ubiquitous environments [14], [15]. It is based on the suitability guidelines of the Universal Design Principles [37] and the guidelines and success criteria of W3C-WCAG 2.1³³ for ubiquitous environments. The instrument evaluated two installations at a museum in Brazil. As a result, UbiAccess contributed to access improvements within the installations.

Finally, concerning the thematic analysis method, the study of [55] evaluated the knowledge of faculty members in accessibility guidelines to apply them in the development of learning materials in computer science. The results showed the lack of knowledge in these formal patterns and the need of raising the knowledge for practical application of accessibility guidelines to develop more accessible digital learning materials and courses. Another study [49] used thematic analysis to evaluate a remote workshop on ubiquitous computing. The

³² <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>

³³ <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

study analyzed how children could remotely interact among themselves. The results pointed out the benefits of embodiment and social interactions even in remote environments. Furthermore, socio-affectivity, communication, autonomy and socio/group identification also appeared in the remote interactions.

Synthesizing the aforementioned and additional related work, results are linked to the following subjects: 1) Contemporaneous computational technologies for disabled people [68], [69]; 2) Accessibility or universal access in ubiquitous and pervasive environments [7], [14], [27], [63]; 3) Formal evaluation accessibility principles in ubiquitous computing environments [14], [27], [63]; and 4) Thematic analysis applied to research involving the Covid-19 pandemic context in computing [22], [55]. Our work unifies subjects 1-3 by contributing to the issues of equitable access evaluation of ubiquitous environments. It addresses a case of an ASD child interaction in a remote ubiquitous computing scenario. Moreover, we use thematic analysis to study the interaction of the ASD child and advance on the perspective of remote interactions leveraged because of the Covid-19 pandemic. Finally, we raise considerations for inclusion of disabled people in remote scenarios by evaluating the extent of equitable access in the ubiquitous scenarios.

6.3. Methodology

We performed a qualitative study whose methodology is illustrated in Figure 6-1. We analyzed the “*Aquarela Virtual*” workshop including the recordings of the interaction of the ASD child. Our methodology covered two parts: 1) Activities with questions based on UbiAccess areas (c.f. Section 3.1) with answers from the Teacher and from Children; and 2) Thematic analysis, generating the Thematic Map on the Video Transcription. At this point we could identify the coverage gaps of UbiAccess areas and the lack of access for the ASD child.

Finally, we highlight results about equitable access in remote ubiquitous scenarios.

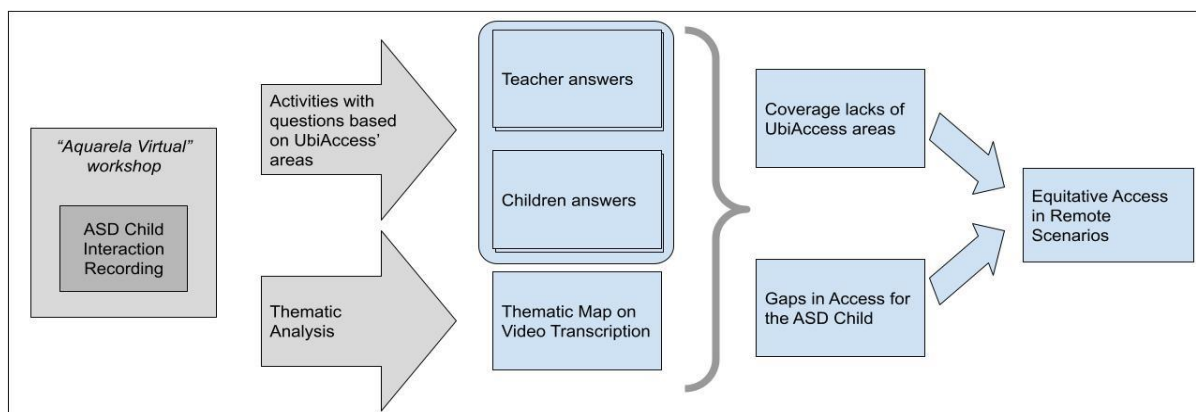


Figure 6- 1: Main steps of the study methodology

6.3.1 UbiAccess Evaluation Instrument

The instrument UbiAccess is a result from our preliminary research [12], [15] We chose our own instrument because we could not find any other access evaluation tool for ubiquitous scenarios. Although W3C-WCAG promises to cover wearables, it is still in a draft version. Moreover, we also want to understand the application of our instrument in a remote scenario. The instrument is based on the UD Principles [37] and W3C-WCAG 2.1³⁴ [38]. Figure 6-2 shows the logo of the instrument. It has a printable and digital version to be used by the evaluators³⁵.



Figure 6- 2: UbiAccess Evaluation Instrument logo: Available at [10]

UbiAccess has five evaluation areas [14] as presented in Figure 6-3:

1. **Environment (EN)** - physical environments and their surroundings.
2. **Information (IN)** - content and information.

³⁴ The latest stable version when the instrument was created

³⁵ <https://doi.org/10.25824/redu/HSPSJT>

3. **Multimedia Resources (MR)** - text, audio, and video resources.
4. **Personal (PE)** - personal needs and preferences.
5. **Security & Privacy (SP)** - security, safety, and privacy.

We believe that the five areas of the instrument may enlighten equitable access in the remote “Aquarela Virtual” workshop, our investigation target. Besides the five areas, UbiAccess contains 37 recommendations identified by two letters corresponding to the area, followed by a sequential number (e.g., PE1 is the first recommendation of the Personal area; SP3 is the third recommendation of the Security & Privacy area).

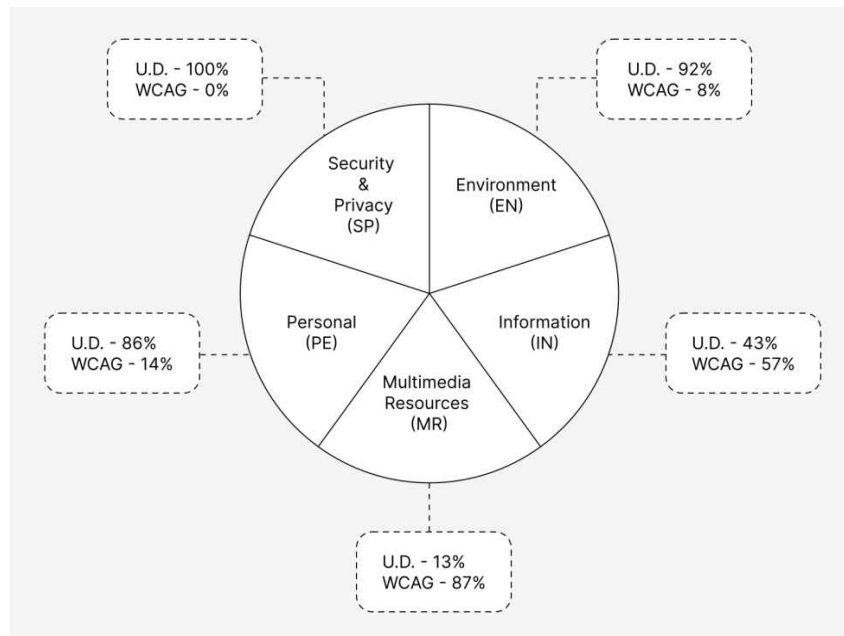


Figure 6- 3: UbiAccess areas - reproduced from (Pimenta et al., 2022).

UbiAccess was previously used in the evaluation of artifacts of ubiquitous computing scenarios [14] in face-to-face scenarios, allowing an evaluation of equitable access and generating improvement on recommendations. Continuing the research, we used UbiAccess to evaluate Access in the “Aquarela Virtual” workshop to answer RQ1 and RQ2 [70] here extended to include additional analysis results.

6.3.2 Thematic Analysis

Thematic Analysis is a qualitative method used in psychology studies [18] and in computer-usage studies [19], [55]. This method is based on the transcription of the video recording. Next, we added related codes to each transcription statement. and, in the sequence, analyzed the codes to identify themes. The themes were used to generate a thematic map. The codes and themes were reevaluated until the map was considered consistent.

6.3.3 Question Based Activities

We performed question-based activities with the teacher and the children. We used Google Meet to talk to the teacher on November 25th, 2021, after the workshop. We also talked to the children in a semi-remote activity. The UbiAccess based questions were the main guide to the activity. However, new questions were elicited during the activity.

Three researchers interacted with the teacher in the post-workshop question-answer activity, using the following UbiAccess based questions:

1. What did you notice that involved the children and aroused their curiosity in the workshop? (Areas Personal, Information, Environment);
2. What difficulties did you identify that the children had during the workshop? (All the areas);
3. What suggestions for improvement would you indicate for the Workshop or for the system? (All the areas);
4. Would you like to leave additional comments? (All the areas).

The activity with the children who participated in the workshop was conducted on December 2nd 2021. Two researchers conducted this activity: one *in loco* and the other remotely connected through the Google Meet platform. This was conducted in the school where the workshop took place, following all the sanitary protocols for Covid-19 security.

We rearranged a room to increase space, e.g., removing extra chairs. A laptop connected with the internet was on a table, positioned so that its built-in camera could record the participants. In front of the participants a projection screen received the image of a projector, showing the Google Meet video of the remote researcher. The participants and the researcher sat on the floor. We placed two cameras in the room: one on the side of the screen and the other

close to the laptop - see Figure 6-4 showing a photo taken while the activity was conducted. On the left side, the participants are sitting on the floor looking at the screen. On the right side, we see all the participants with the researcher. Notice that all participants wear masks - for sanitary reasons, but also ensuring their privacy.

This activity lasted 24 minutes. In order to create a more ludic environment with the children, the researchers conducted a presentation activity. First, we invited the children to sit in the center of the room. Then, the researchers and the children introduced themselves. As the majority of the children was dressed with superhero clothes, each one received a nickname: Spider Man – Álvaro, Capitan America – Paulo, Flash – Hebert, Flower SuperHero – Luana and, Super Rainbow – Letícia³⁶.



Figure 6- 4: Evaluation activity with the Aquarela Virtual workshop participants.

Álvaro is the ASD child who was part of the study. Although the children enjoyed sitting on the floor, Álvaro chose to sit on a chair, close to the group. We sat in a semicircle, to leave an open space to include him on the chair. The teacher sat right on a chair close to Álvaro, to provide him a more comfortable environment and allow him to freely participate.

Since the activity occurred after the workshop, we presented to the children the pictures of the Aquarela system, of the children themselves and of

³⁶ We used fake names to preserve the children's identities.

the workshop moments. This presentation aimed to make the children remember their experiences with the workshop. Furthermore, we could also capture relevant comments to investigate access. In the sequence, the researchers created a dialogue with the participants and ludically introduced the questions. Although we planned just the 4 following questions, they were adapted in real time according to the subjects that were raised by the children while answering the questions. All the results are presented in the Results section. The questions originally planned were:

1. What did you enjoy the most in the workshop? (Personal and Environment areas);
2. What did you not enjoy in the workshop? (All the areas);
3. What did you think was difficult to do? (Multimedia Resources, Information and Environment areas – capturing the gaps in access)
4. Who participated with you in the workshop? (capture the social perception of the children in the remote scenario)

6.4. Case Study

This section describes the case study, with its context and participants, the Aquarela Virtual system, the work methodology, and the results.

6.4.1 Context and Participants

This case study involves the “Aquarela Virtual” workshop held at a pre-school. This research is part of the Socioenactive Project, which was approved by the Unicamp Ethical Committee (CAAE 72413817.3.0000.5404). All the children signed the Term of Informed Consent adjusted according to their age. The children legal responsible also signed the corresponding term. The Socioenactive Project developed the system and organized all the activities involved.

Participants of this study were between 5 and 6 years old. They were organized in three groups, containing around four to six children. All the groups were accompanied by the teacher. This case study evaluates specifically the second group (Figure 6-4), where Álvaro participated. Figure 6-5 presents Alvaro at the workshop.



Figure 6- 5: Alvaro (ASD case) participating in the Aquarela Virtual workshop.

We describe the case of Álvaro with the information obtained through his teacher.

The child's family is composed of the father Manoel, the mother Vanuza and two children, Ezequiel who is pre-adolescent and Álvaro who is 5 years and 10 months old. Both children have an ASD diagnosis and study in different schools. Álvaro has studied full time since kindergarten. He is medicated and under occupational therapy. His mother, Vanuza, works in the health field, at the hospital; Álvaro has participated in few remote activities since the beginning of the Covid-19 pandemic in 2020. From October 2021 onwards he returned to school and became familiar with teacher Gabriela and colleagues, since he was in a new class due to becoming older. Teacher Gabriela reported that Álvaro has a great friend in the class, Paulo. She also said that Álvaro is often afraid of new experiences, usually using the phrase "I don't want". On November 5th, 2021, Álvaro participated in his first experience at the Virtual Aquarela Workshop, together with his teacher, his friend Paulo (remotely) and his friend Helena (remotely). Afterwards, his parents told the teacher about the boy's enthusiasm, who, in addition to not wanting to leave home on the day of the workshop, was excited for the other days of classes to come.

6.4.2 Aquarela Virtual

The workshop represents a simulation of a remote scenario using the “Aquarela Virtual” System. It was held at the preschool using separate rooms in Campinas, São Paulo, Brazil on November 5th, 2021. The system was named and inspired by the famous and traditional Brazilian song “Aquarela” composed by Maurizio Fabrizio, Guido Morra, Toquinho, and Vinícius de Moraes. We chose this song because of its lyrics which contain many childhood elements. At the time the experiment was conducted, Brazil was in a transition from total remote scenarios to restricted scenarios. All the participants used masks and followed the appropriate sanitary protocols. Figure 6-6 presents the layout of the rooms where the workshop took place.

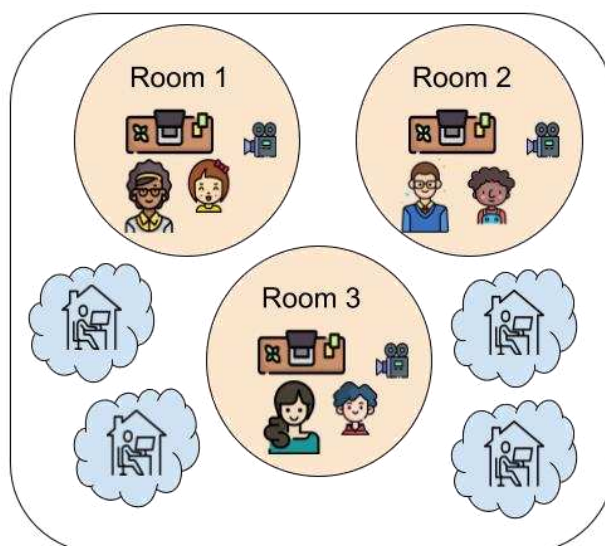


Figure 6- 6: Aquarela Virtual workshop layout

The scenario was organized in three separated rooms. Each child was accompanied by an adult, either a researcher or their teacher. Each room contained a laptop connected with the “Aquarela Virtual” system and Google Meet, and the child's toys over a table. A camera recorded all the interactions. The other researchers participated in their homes observing and talking to the children via Google Meet. We used Google Meet to stay connected by video and audio. This technology was chosen because it is the one adopted and fully supported at our university.

The “Aquarela Virtual” system planning is detailed in [20], [21]. The system requirements and development are detailed in [19], [48]. Details about all the planning and investigations about equitable access are available in [50].

The “Aquarela Virtual” system projects animations that represent the toys built by the children. The six animated elements from the song are: sun, seagull, drop of paint, castle, boat and plane. These elements come to life with the animations and the background of the song. These physical objects were built with a partnership between school and the children’s parents (Figure 6-8 – left). We used QRcodes to make the computer camera to identify the objects. Each animated object had a proper QRcode fixed on its surface. The children also had their avatars, represented by animals. In the first system screen the participants put their names and chose an avatar. 6-7 presents the login screen and the boat animation. Whenever a child shows a toy QRcode to the camera, if it is the same element as the actual animation, both children's avatars are shown, representing the children are together. 6-8 (left) shows the toys made by the families and their children, also we can see with the corresponding QRcode on the toys. 6-8 (right) shows the castle and sun animation with the participant showing the sun QRcode to the laptop camera. In the animation three children are participating, represented by the Gorilla, Cat and Panda avatars.

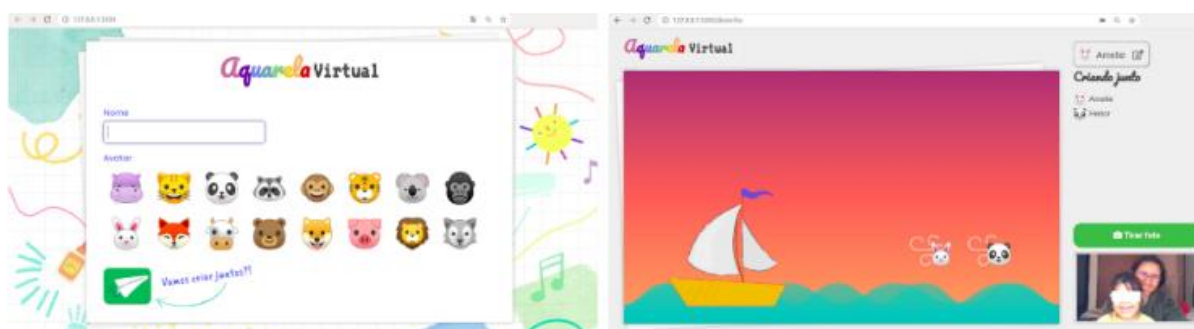


Figure 6- 7: Aquarela Virtual System (Left - Login; Right - Boat animation).



Figure 6- 8: (Left) Children toys made with their families and the QRcodes fixed; (Right) Castle and sun animation with three avatars showing the participants.

Six emojis allows children to express their emotions: happy, calm, angry, sad, sleepy, and scared (Table 6-1). These emojis reflect a preliminary work held on the school teaching the children about the emotions. These emojis (Figure 6-8 – right) are physical objects with a QRcode. Whenever a child presents the emoji, the system exhibits an animation in the children's image. The other participants see the emoji in front of the child's name.

Table 6- 1: Emojis and respective emotions in “Aquarela Virtual”[48]

Emotion	Happy	Calm	Angry	Sad	Sleepy	Scared
<i>Emoji</i>						

During the workshop, children could talk among themselves and the remote researchers through the Google Meet. At the workshop, children were organized in groups of three participants. Each child was put in a different room with a laptop connected with the internet and the children's toys. The children freely explored Aquarela Virtual, took pictures through the system picture button, and interacted with their friends. At the end of the experience, the song is played while showing all the pictures taken by the children.

6.4.3 Results

Considering the pre-elaborated questions based on UbiAccess areas, we could develop a conversation following up many aspects of the workshop experience, equitable access, and the interactions. We report below the teacher's points of view, organizing them according to the questions.

Considering the subject of difficulties, Teacher Gabriela reported she had not met with any difficulty and no barriers to the access. The children felt comfortable, especially because they could experiment and experience the workshop. There were no right or wrong answers, making them feel free to enjoy the experience. Additionally, the children realized they could use the toys they built to stimulate the Aquarela Virtual. These characteristics made them very satisfied with the interaction. The experience elicited positive and meaningful learning for each child; this included not only the workshop but all the involvement of the families, the school and the researchers that led to the workshop.

We now analyze Álvaro's case. He blocks himself to new situations and feels fear of experimenting new things. Usually, in new situations he stares at the teacher for a while. Then, the teacher talks to him, explains what the situation is and encourages him to experiment. As a result, the teacher prepared him for the workshop previously and explained that he could leave or not participate at any time. She also allowed him to invite a friend to make him feel more confident. Since the child asked her to stay with him, she stayed the whole workshop encouraging him and offering stimulus. In the beginning of the workshop Álvaro asked about his friend and she showed him Paulo at Google Meet. Even though he saw his friend on the screen, he turned around many times to search for the friend behind him. After the workshop she explained that Álvaro was simply enchanted with everything. He did not want to go home and said to his Mom it was too early to leave the school. Finally, the feeling of interacting with the system with something he built with his family also offered good things for the child.

To present the results from the activity, we identify the children as: Álvaro (C1), Paulo (C2), Hebert (C3), Luana (C4), and Letícia (C5). All the transcriptions kept literally the children's speech, which we tried to preserve in the English

translation. The original transcription in Portuguese is available at (Pimenta, Duarte, & Baranauskas, 2022a), which is extended by the present paper.

Table 6-2 presents the questions and answers of the children. During the photos presentation children spoke and moved as follows:

- C2: "I am the fox."
- C3: "I am the cat."
- C4: "I am the koala"
- C2: when he sees his friend's picture, he points to C1 and says "Álvaro! Álvaro!"
- C2: after seeing his friend's photo again: "See Álvaro again!"
- C3: "Look! Who is this?"
- C2: "This is Álvaro."
- C5: "Álvaro it is you with the teacher."
- **C1: holds his arms in the chair and moves his legs back and forth while looking at the screen.**

Álvaro participated in the activity together with his classmates. Despite not responding directly to any question, he answered with words and gestures when the others made some reference to him (e.g. "No.") when his teacher asked him the questions.

In question #3 "Did you make something with the castle?", Álvaro responded "No.". We revised the recording and identified, as present in Figure 6-8 – left that he used the castle during the interaction. We could not identify the reason for this answer. The only thing we could notice is that the castle was big, and it was closer to the teacher than to the child. As a result, the child had to ask the teacher to give him the castle to show it to the system. Based on that, we recommend that the interaction artifacts should be closer to the children's movement area.

We could also observe that Álvaro could make sense of the experience, as in question #10 "*Was that boat on the water ours?*" he answered with a gesture saying yes. Moreover, during the workshop and the post activity we noticed that Álvaro expresses himself by balancing his body or legs when he likes something. This happened during the photo's exhibition and at question #17 "Does everybody understand what was there?". In this sense, it is possible to observe that the experience was enjoyable for him, as related by the parents and teacher.

The thematic analysis of Álvaro's recording interaction generated the Thematic Map presented at Figure 6-9. Despite Álvaro's behavior of blocking himself during a new experience, the child showed curiosity for 7 times and distraction only for 4 times. The child also explored the Aquarela 36 times, which shows that the teacher allowed him to explore Aquarela quite frequently. Cultural aspects were manifested by the child 13 times. It is worth noting that the theme with most occurrences is the Local intersubjective between teacher and child (143 times). As an ASD subject might have some communication issues, this occurrence indicates that the child was feeling comfortable. The child also presented some body behavior 52 times and expressed affection 37 times. The body communication using Gestures occurred 33 times. The Remote Communication happened 31 times. Finally, the teacher encouragement occurred 26 times. As the child interacted with the system for 31 times, summing up with the teacher's answers, we can understand that the interaction of the teacher made the child comfortable.

As presented in the Thematic Map (Figure 6-9), the four main themes emerging from the interaction are Enaction & Embodiment related to the Actions in the Systems. Álvaro could make sense of the experience as we can see him showing the castle to "Aquarela Virtual" (Figure 6-5 - left). He also developed curiosity, a sub-theme of Enaction & Embodiment, when he was choosing his avatar and he asked the teacher if the gorilla was strong. Later in the conversation, the child asks about the other avatars presented in the login screen, trying to understand which is the strongest animal. Other two important main themes are Intersubjectivity, especially in the ASD case. The child could interact locally and remotely in the workshop and in the group activity. He could use both interactions: Verbal and Corporal. Finally, Socio-affectivity's main theme could enlighten the importance of child preparation making him feel comfortable and the encouragement during the activities. The ASD child had the social perception in the remote scenarios by looking for his friends and paying attention to the remote researcher. Although the Thematic Map analyzed the child interaction during the workshop, the themes are observed in the video of the group activity held after the workshop.

Table 6- 2: Questions and answers from the children's activity.

#	Question	Children's Answer
1	What were you doing?	C3 "We were playing"; C4 "No, we were making a thing at the computer."
2	What did you do at the computer?	-
3	Did you make something with the castle?	C1 "No." ; C2, C3 "I did"; C3 "I made a castle with hard paper... colorful and hard paper."
4	Why did you make the castle?	C3 "It is from the activity that has the computer and the design".
5	When you show the castle to the computer did you listen to something?	C2, C3, C4, C5 "Yes!"
6	What else was there? A boat?	C4 "Seagull... watercolor..." C3 "Plane, castle..."; C2 "Boat..."; C4 "Sun"; C3 "Plane, sea..."
7	Were there other people on the computer? Who were these people?	C3 "There was, but they didn't appear"; C5 "Da pipoca's class"; C3 "No, there were big people... there were adults."; C4 "There were adults."
8	There was a castle. Does this castle have something you had to show to the computer? There was a QRcode to show to the screen?	C3 "Yes, you showed the camera and I learned to take pictures."
9	What happens when you show this QRcode to the screen?	C3 "It showed what we show, it appeared a picture"; C3 "When I showed the boat, it showed the boat on

#	Question	Children's Answer
		the water"
10	Was that boat on the water ours?	C3 "Yes."; C5 "Mine too."; C4 "Mine too"; C2 "Yes"; C1 balanced his head affirmatively.
11	The things you took to the workshop (castle, seagull) were small or big?	C3 "They were big."; C4 "Big"; C2 "Big".
12	Was it difficult to show your toy the Aquarela Virtual?	C3, C4 "No."
13	Was that easy?	C2, C4 "It was."; C3 balances the head affirmatively.
14	What did you have there? Was there color, design?"	C4, C2 "There was color."
15	Was it easy to see these colors?	C4 balances the head affirmatively. C3 "It was easy."
16	Was it possible to understand the designs that were in the computer?	C4 balances the head affirmatively. C3, C2 "Yes."
17	Does everybody understand what was there?	C1 holds his arms on the chair, gets up and balances his whole body.
18	Was there something you didn't like?	C2 "We liked it."; C3 "We like!"; C5 "No."
19	Did you like everything?	C4 balances the head affirmatively.
20	Besides the adults that were there with you, who else participated in the workshop? Wasn't there any friend of yours?	C3 "Ahhh... I don't know... I don't remember."; C4 "Sophie was there."; C5 "We played."
21	There were friends of yours on the computer?	C4, C5 "There were."
22	Were they on your side or in another place?	C3 "They were in another place."
23	How come there were people in other places and you could see them?	C3 "It is because there was a camera."

#	Question	Children's Answer
24	And the camera recorded everybody?	C3 "Yes."

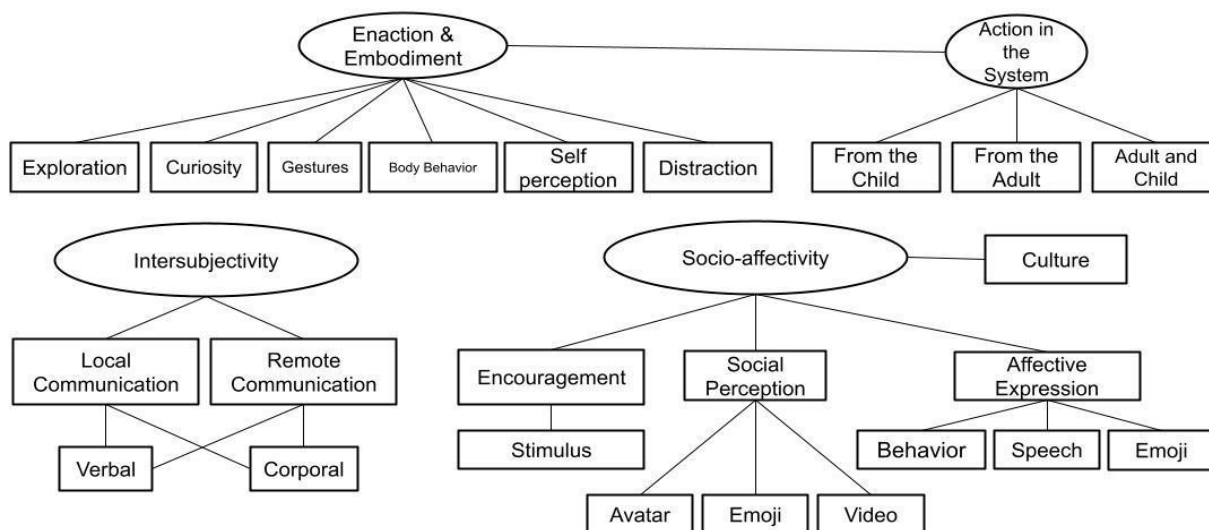


Figure 6- 9: Thematic Map from Álvaro's Interaction

6.5. Discussion

Let us return to the research questions of this work, considering first **RQ1**: *Is it possible to identify equitable access in the use of "Aquarela Virtual"?*, the interview answers regarding the areas of UbiAccess show that yes, it is possible. All the children, through their answers, indicated that they were able to participate and make sense of the workshop e.g., C3 says "*When I showed the boat, it showed the boat on the water.*"; C2 says "*We liked it.*"; C5 says "*We played.*"). The teacher report also said there were no access barriers or difficulties for the children. Regarding Álvaro's interaction, the teacher reports that the preparation of the child also increased the child's confidence. The thematic map confirmed it through the number of explorations, curiosity and interactions of the child.

Let us now consider **RQ2**: *Are the UbiAccess areas effective to evaluate access in a socioenactive remote scenario?*, Here, we observed that the five areas brought a view on equitable access in an ubiquitous environment in the remote context, as for example with question #12 "*Was it difficult to show your toy the Aquarela Virtual?*"; this question refers to reading the QR codes and

covers the areas Multimedia Resources, Information, Environment, to which the children answered no. Another example involves questions #18 and #19, related to the Personal area, which asked the children if they liked the experiment, and the answers were positive for both questions. Nonetheless, both the teacher report and the Thematic Map might have presented that UbiAccess did not cover all areas adequately. For instance, the Enaction & Embodiment of the children giving meaning to the toys and perceiving them as part of the “Aquarela Virtual” are not adequately covered by UbiAccess. As presented in the Thematic Map, Encouragement was very important to the ASD child interaction. This aspect and its subtheme Stimulus remains uncovered by UbiAccess areas.

With regard to the theoretical framework, the socio-enactive aspects emerged in: 1) relationships with the group when the children realized that their friends and researchers participated in other places and played with them (e.g., C3 says " There was, but they didn't appear. "; C5 says "Popcorn gang!"; C3 says "No, they were big people... they were adults."; C4 "They were adults."); 2) cultural aspects such as the "popcorn class", which is the nickname of one of the school's classes that participated in the workshop; 3) affectivity through enjoying the activity; and 4) Embodiment, which is perceived through the statements related to playing and playing with peers e.g., C3 says “We were playing.”), as well as the perception that the animation was, in fact, her toy. In this way, the evaluation also revealed the need to add a new area to UbiAccess, namely, Social, to explain access in terms of intersubjective relationships, which are a fundamental part of socioenactive interactions.

6.6. Conclusion and future work

This work addressed the issue of access in ubiquitous environments based on computational technology. The case study presented showed a preliminary analysis of equitable access in a scenario of remote interaction with a socioenactive system. The analysis focused on a group of children interacting with the Aquarela Virtual (Virtual Watercolor) system, and included a child diagnosed with ASD. The analysis used the UbiAccess evaluation instrument. Although this instrument was designed for face-to-face scenarios, it proved to be effective in assessing equitable access in remote environments. This case study

also pointed out the need to include a new evaluation area in UbiAccess, related to the Social aspect of interaction in the scenario proposed by the system.

One of the study limitations was related to the lack of interaction with the ASD child and his family, which would bring greater comfort to the child during the assessment activity and could provide better information about system elements being in compliance or not with their more specific needs. Another limitation refers to the time to schedule the activities for analyzing access, especially with the participant children. Finally, an activity with the families expressing their considerations about the effects of the workshops on their children would address relevant information to better understand the importance of providing remote interactive activities for all.

Future work involves expanding the Aquarela Virtual system with new forms of interaction. The participation of children with vision or hearing impairments is also required for a broader assessment of access. Also desirable are Ethnographic studies within the school context, aiming to deepen the understanding of which elements of the computational system can favor the participation of all, including children diagnosed with ASD, in ubiquitous computing environments. Interviews with the children's parents can complement the study by illustrating other aspects of the children's experience when participating in the workshops. In addition, there is a need for evaluating the UbiAccess instrument in other perspectives and improving the coverage of the missing points and areas.

Apêndice III – Concurso de Fotografia da SBC

Esta é a foto vencedora do concurso de fotografia e sua folha de publicação na revista³⁷. Ao olhar para ela, é possível refletir que a computação precisa atingir os mais diversos lugares, seja nas cidades ou nos ambientes rurais. A computação ubíqua tem esse poder, já que se espalha pelo ambiente. Ao olhar as botinas de meu avô, reflito que a computação precisa ser acessível para todas as pessoas, independentemente de sua idade ou nível de conhecimento, fazendo-me refletir nos desafios que nós cientistas precisamos vencer para levar a computação a todo lugar e garantir o acesso equitativo.

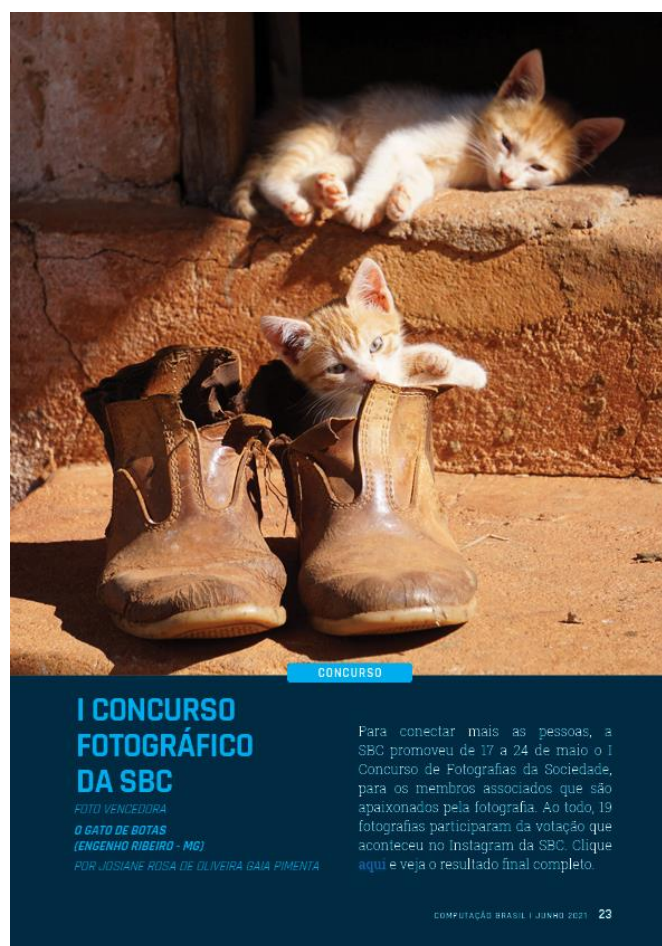


Figura 7- 1: Fotografia vencedora do concurso da SBC.

³⁷

Apêndice IV – Autorizações das Editoras



Gmail

Josiane Rosa de Oliveira Gaia Pimenta <josiane.o.gaia@gmail.com>

Utilização de artigos de minha autoria na dissertação

José Viterbo Filho <viterbo@ic.uff.br>
Para: josiane.o.gaia@gmail.com
Cc: Annie Casali <publicacoes@sbc.org.br>

9 de fevereiro de 2023 às 10:25

Prezada Josiane,

O Termo de Autorização de Publicação que os autores de artigos publicados na SBC OpenLib já estabelece que os direitos autorais da obra permanecem em posse dos próprios autores. Você pode, portanto, utilizar os artigos na sua dissertação sendo a única exigência prover a citação completa da publicação original.

Um abraço,

Viterbo.

Em qui., 9 de fev. de 2023 09:40, Annie Casali <publicacoes@sbc.org.br> escreveu:

—— Mensagem encaminhada ——

Assunto: Utilização de artigos de minha autoria na dissertação

Data: Thu, 9 Feb 2023 07:25:18 -0300

De: Josiane Rosa de Oliveira Gaia Pimenta <josiane.o.gaia@gmail.com>

Para: Publicações <publicacoes@sbc.org.br>

[Texto das mensagens anteriores oculto]



Josiane Rosa de Oliveira Gaia Pimenta <josiane.o.gaia@gmail.com>

IwC Paper - Master Dissertation

Florence Leroy <Florence.Leroy@bcs.uk>

20 de fevereiro de 2023 às 13:04

Para: Josiane Rosa de Oliveira Gaia Pimenta <josiane.o.gaia@gmail.com>, Interacting with Computers Editorial Office <iwc.editorialoffice@oup.com>

Good afternoon,

Sorry for the delay in responding to you.

This is absolutely fine.

Best wishes,

Florence

The Computer Journal

Editorial Office

<https://academic.oup.com/comjnl>

https://academic.oup.com/comjnl/pages/Manuscript_Preparation_Submission

<https://mc.manuscriptcentral.com/compj>

From: Josiane Rosa de Oliveira Gaia Pimenta <josiane.o.gaia@gmail.com>

Sent: 07 February 2023 18:20

To: Interacting with Computers Editorial Office <iwc.editorialoffice@oup.com>

Subject: Fwd: IwC Paper - Master Dissertation

Dear OUP editorial office:

Last year I published a paper at Interacting with Computers journal.

Now, I need to use this paper as part of my master dissertation. I would like to ask our permission to use the paper inside the dissertation informing the doi but with my university template.

Is it possible or should I use a pre-print of the paper?

Here follows the paper: <https://doi.org/10.1093/iwc/iwac029>

2/9/23, 7:21 AM

RightsLink Printable License

**OXFORD UNIVERSITY PRESS LICENSE
TERMS AND CONDITIONS**

Feb 09, 2023

This Agreement between Mrs. Josiane Pimenta ("You") and Oxford University Press ("Oxford University Press") consists of your license details and the terms and conditions provided by Oxford University Press and Copyright Clearance Center.

License Number	5484691292762
License date	Feb 09, 2023
Licensed content publisher	Oxford University Press
Licensed content publication	Interacting with Computers
Licensed content title	UbiAccess: an Instrument to Assess System Access in Ubiquitous Scenarios
Licensed content author	Pimenta, Josiane Rosa de Oliveira Gaia; Duarte, Emanuel Felipe
Licensed content date	Oct 10, 2022
Type of Use	Thesis/Dissertation
Institution name	
Title of your work	Equitable Access in Ubiquitous Computational Environments: Study and Evaluation Instrument
Publisher of your work	University of Campinas

Referências

- [1] M. Weiser e J. S. Brown, “The coming age of calm technology”, em *Beyond calculation*, Springer, 1997, p. 75–85.
- [2] M. Weiser, “The computer for the 21st century”, *Scientific American*, p. 94–104, 1991.
- [3] L. Takayama, “The motivations of ubiquitous computing: revisiting the ideas behind and beyond the prototypes”, *Pers. Ubiquitous Comput.*, vol. 21, n° 3, p. 557–569, jun. 2017, doi: 10.1007/s00779-017-1002-8.
- [4] C.-F. Liao, Y.-C. Yen, Y.-C. Huang, e L.-C. Fu, “An Empirical Study on Engineering a Real-World Smart Ward Using Pervasive Technologies”, *IEEE Syst. J.*, vol. 12, n° 1, p. 240–249, mar. 2018, doi: 10.1109/JSYST.2016.2606129.
- [5] E. Morgan e H. Gunes, “Human Nonverbal Behaviour Understanding in the Wild for New Media Art”, em *Human Behavior Understanding*, A. A. Salah, H. Hung, O. Aran, e H. Gunes, Orgs., em *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8212. Cham: Springer International Publishing, 2013, p. 27–39. doi: 10.1007/978-3-319-02714-2_3.
- [6] United Nations, “Accessibility and development— mainstreaming disability in the post-2015 development agenda.”, 2013. Acessado: 25 de setembro de 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/dspd/2013/12/accessibility-and-development-mainstreaming-disability-in-the-post-2015-development-agenda/#:~:text=Accessibility%20and%20Development%20%E2%80%93%20Mainstreaming%20disability%20in%20the%20post%2D2015%20deve>
- [7] E. C. S. Hayashi e M. C. C. Baranauskas, “Accessibility and affect in technologies for museums: a path towards socio-enactive systems”, em *Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, Joinville Brazil: ACM, out. 2017, p. 1–10. doi: 10.1145/3160504.3160543.
- [8] C. Stephanidis *et al.*, “Seven HCI Grand Challenges”, *Int. J. Human-Computer Interact.*, vol. 35, n° 14, p. 1229–1269, ago. 2019, doi: 10.1080/10447318.2019.1619259.
- [9] M. C. C. Baranauskas, C. S. de Souza, e R. Pereira, *I GranDIHC-BR Grand Research Challenges in Human-Computer Interaction in Brazil*. Human-Computer Interaction Special Committee (CEIHC) of the Brazilian Computer Society (SBC), 2015. [Online]. Disponível em: <https://comissoes.sbc.org.br/ce-ihc/livro/i-grandihc-br-grand-research-challenges-in-human-computer-interaction-in-brazil/>
- [10] J. R. D. O. G. Pimenta, E. F. Duarte, M. C. C. Baranauskas, e C. M. B. Medeiros, “Dataset associated with UbiAccess - Equitable Access Evaluation Instrument for Ubiquitous Environments”. Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp, 2023. doi: 10.25824/redu/HSPSJT. <https://doi.org/10.25824/redu/HSPSJT>
- [11] M. C. C. Baranauskas, Y. L. M. Mendoza, e E. F. Duarte, “Designing for a socioenactive experience: A case study in an educational workshop on deep time”, *Int. J. Child-Comput. Interact.*, vol. 29, p. 100287, set. 2021, doi: 10.1016/j.ijcci.2021.100287.

- [12] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, "Evaluating Accessibility in Ubiquitous Environments: a Case Study with Museum Installations", em *Anais do XLVIII Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH 2021)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, jul. 2021, p. 88–96. doi: 10.5753/semish.2021.15810.
- [13] E. F. Duarte, V. Maíke, Y. L. M. Mendoza, C. Brennand, e M. C. Baranauskas, "'The Magic of Science:' Beyond Action, a Case Study on Learning Through Socioenaction", em *Anais do XXV Workshop de Informática na Escola (WIE 2019)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, nov. 2019, p. 501–510. doi: 10.5753/cbie.wie.2019.501.
- [14] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, M. C. C. Baranauskas, e C. B. Medeiros, "UbiAccess: an Instrument to Assess System Access in Ubiquitous Scenarios", *Interact. Comput.*, p. iwac029, out. 2022, doi: 10.1093/iwc/iwac029.
- [15] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, "Investigating Access in Ubiquitous Scenarios: A Case Study and Evaluation Instrument", em *X Latin American Conference on Human Computer Interaction*, em CLIHC 2021. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. doi: 10.1145/3488392.3488396.
- [16] E. F. Duarte, Y. L. M. Mendoza, e M. C. C. Baranauskas, "InsTime: A Case Study on the Co-design of Interactive Installations on Deep Time", em *Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference*, Eindhoven Netherlands: ACM, jul. 2020, p. 231–242. doi: 10.1145/3357236.3395554.
- [17] J. Lazar, J. H. Feng, e H. Hochheiser, *Research Methods in Human Computer Interaction*, 2nd edition. Cambridge, MA: Elsevier, 2017.
- [18] V. Braun e V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology", *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, nº 2, p. 77–101, jan. 2006, doi: 10.1191/1478088706qp063oa.
- [19] E. F. Duarte e M. C. C. Baranauskas, "Interações Sociais e Enativas com o Aquarela Virtual: Análise Temática de uma Atividade Remota", em *Anais do XXVIII Workshop de Informática na Escola (WIE 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, nov. 2022, p. 24–35. doi: 10.5753/wie.2022.224733.
- [20] F. M. Gonçalves e C. Baranauskas, "OpenDesign of Scientific Research in Pandemic Context", em *X Latin American Conference on Human Computer Interaction*, Valparaíso Chile: ACM, nov. 2021, p. 1–6. doi: 10.1145/3488392.3488402.
- [21] F. M. Gonçalves e M. C. C. Baranauskas, "OpenDesign of Scientific Research in Pandemic Context", *Interact. Comput.*, p. iwac030, out. 2022, doi: 10.1093/iwc/iwac030.
- [22] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, "Interação Remota no Aquarela Virtual: um estudo de caso com criança diagnosticada com TDAH", em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, nov. 2022, p. 764–775. doi: 10.5753/sbie.2022.225699.
- [23] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, e The PRISMA Group, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement", *PLoS Med.*, vol. 6, nº 7, p. e1000097, jul. 2009, doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.

- [24] A. C. dos Santos, L. M. Muriana, J. R. O. G. Pimenta, J. V. da Silva, E. A. Moreira, e J. C. dos Reis, “Investigating aspects of affectibility for universal access in socioenactive system scenarios”, em *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, Vitória Espírito Santo Brazil: ACM, out. 2019, p. 1–11. doi: 10.1145/3357155.3358475.
- [25] J. R. D. O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, “Dataset associated with master research: systematic mapping of evaluation tools for ubiquitous computing environments”. Repositório de Dados de Pesquisa da Unicamp, 2023. doi: 10.25824/redu/CRRSXT. <https://doi.org/10.25824/redu/CRRSXT>
- [26] A. C. dos Santos, “‘Guidelines’ para avaliação de sistemas em cenários socioenativos”, Mestra em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020. doi: 10.47749/T/UNICAMP.2020.1149432.
- [27] D. A. Gonçalves, M. C. C. Baranauskas, e J. C. dos Reis, “Accessibility in Pervasive Systems: An Exploratory Study”, em *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions*, N. Streitz e S. Konomi, Orgs., em Lecture Notes in Computer Science, vol. 12203. Cham: Springer International Publishing, 2020, p. 25–38. doi: 10.1007/978-3-030-50344-4_3.
- [28] J. S. L. Beda, P. N. Ferreira, G. D. Belarmino, e D. Goya, “Acessibilidade sob Desenho Universal para Ambientes Virtuais de Aprendizagem: um Mapeamento de Critérios e Desafios”, em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, nov. 2022, p. 680–693. doi: 10.5753/sbie.2022.225086.
- [29] G. D. Belarmino, J. S. L. Beda, P. N. Ferreira, e D. Goya, “Critérios de Acessibilidade para Jogos Educacionais Digitais que Visam o Desenho Universal”, em *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2021)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, nov. 2021, p. 667–678. doi: 10.5753/sbie.2021.218289.
- [30] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, “Investigando acesso equitativo em cenário socioenativo remoto: um estudo de caso”, em *Anais do XLIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, jul. 2022, p. 152–163. doi: 10.5753/semish.2022.223156.
- [31] P. L. Emiliani e C. Stephanidis, “Universal access to ambient intelligence environments: Opportunities and challenges for people with disabilities”, *IBM Syst. J.*, vol. 44, nº 3, p. 605–619, 2005, doi: 10.1147/sj.443.0605.
- [32] C. Stephanidis, “Designing for All in Ambient Intelligence Environments: The Interplay of User, Context, and Technology”, *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 25, nº 5, p. 441–454, jun. 2009, doi: 10.1080/10447310902865032.
- [33] World Health Organization, “World report on disability”, 2011. Acessado: 25 de setembro de 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/sensoryfunctions-disability-and-rehabilitation/world-report-on-disability>
- [34] United Nations, “Disability and development report 2018. Department of Economic and Social Affairs”, 2019. Acessado: 25 de setembro de 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/publication-disability-sdgs.html>

- [35] United Nations, “Sustainable development goals”, n.d. Acessado: 30 de outubro de 2021. [Online]. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>
- [36] F. M. da C. Lima, G. A. M. Vasiljevic, L. C. De Miranda, e M. C. C. Baranauskas, “An Analysis of IHC and HCII Publication Titles: Revealing and Comparing the Topics of Interest of their Communities”, *J. Interact. Syst.*, vol. 12, nº 1, p. 1–20, mar. 2021, doi: 10.5753/jis.2021.997.
- [37] B. R. Connell, M. L. Jones, J. L. Mueller, A. Mullick, E. Ostroff, e J. Sanford, “The Principles of Universal Design. Version 2.0.”, 1997.
- [38] W3C, “Web Content Accessibility Guidelines 2.1”, 2018. Acessado: 25 de setembro de 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- [39] X. Gardeazabal e J. Abascal, “Use of Robots for Play by Children with Cerebral Palsy”, em *13th International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence UCAmI 2019*, MDPI, nov. 2019, p. 75. doi: 10.3390/proceedings2019031075.
- [40] M. Cozza, A. De Angeli, e L. Tonolli, “Ubiquitous technologies for older people”, *Pers. Ubiquitous Comput.*, vol. 21, nº 3, p. 607–619, jun. 2017, doi: 10.1007/s00779-017-1003-7.
- [41] A. C. dos Santos *et al.*, “Inquiring Evaluation Aspects of Universal Design and Natural Interaction in Socioenactive Scenarios”, em *Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools*, M. Antona e C. Stephanidis, Orgs., em *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11572. Cham: Springer International Publishing, 2019, p. 39–56. doi: 10.1007/978-3-030-23560-4_4.
- [42] United Nations, “Good Practices of Accessible Urban Development.”, 2015. Acessado: 25 de setembro de 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/dspd/2016/10/goodpractices-of-accessible-urban-development/>
- [43] E. F. Duarte e M. C. C. Baranauskas, “Revisiting the Three HCI Waves: A Preliminary Discussion on Philosophy of Science and Research Paradigms”, em *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, São Paulo Brazil: ACM, out. 2016, p. 1–4. doi: 10.1145/3033701.3033740.
- [44] M. C. C. Baranauskas, “Social awareness in HCI”, *Interactions*, vol. 21, nº 4, p. 66–69, jul. 2014, doi: 10.1145/2621933.
- [45] R. Pereira, M. C. C. Baranauskas, e K. Liu, “An Essay on Human Values in HCI”, *J. Interact. Syst.*, vol. 9, nº 1, p. 1, jun. 2018, doi: 10.5753/jis.2018.689.
- [46] M. C. C. Baranauskas, C. S. D. Souza, e R. Pereira, *I GranDIHC-BR — Grandes Desafios de Pesquisa em Interação Humano-Computador no Brasil*. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2014. doi: 10.13140/2.1.3651.9201.
- [47] C. Stephanidis e M. Antona, “Universal access in the information Society (2001–2021): knowledge, experience, challenges and new perspectives”, *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 21, nº 2, p. 329–331, jun. 2022, doi: 10.1007/s10209-022-00884-w.
- [48] E. F. Duarte, Y. L. M. Mendoza, M. J. N. de Queiroz, J. R. de O. G. Pimenta, J. V. da Silva, e M. C. C. Baranauskas, “Aquarela virtual: Design e desenvolvimento de um sistema socioenativo em contexto de isolamento social”, Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas,

- Relatório Técnico 01, 2022. [Online]. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~reltech/2022/22-01.pdf>
- [49] E. F. Duarte e M. C. C. Baranauskas, “Interações Sociais e Enativas com o Aquarela Virtual: Análise Temática de uma Atividade Remota”, em *Anais do XXVIII Workshop de Informática na Escola – WIE 2022*, Manaus. Em processo de publicação: Sociedade Brasileira de Computação, 2022.
- [50] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, M. J. N. de Queiroz, Y. L. M. Mendoza, J. V. da Silva, e M. C. C. Baranauskas, “Aquarela Virtual: Investigando Acesso Equitativo em Instalação Socioenativa em Contexto de Isolamento Social”, Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas, Relatório Técnico 03, 2022. [Online]. Disponível em: <https://ic.unicamp.br/~reltech/2022/22-04.pdf>
- [51] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, “Investigando acesso equitativo em cenário socioenativo remoto: um estudo de caso”, apresentado em *Anais do XLIX Seminário Integrado de Software e Hardware*, 2022.
- [52] R. Caceffo, D. Addan Gonçalves, R. Bonacin, J. C. dos Reis, J. A. Valente, e M. C. C. Baranauskas, “Children’s social interactions within a socioenactive scenario”, *Comput. Educ.*, vol. 176, p. 104324, jan. 2022, doi: 10.1016/j.compedu.2021.104324.
- [53] G. T. Monteiro e D. F. Adamatti, “Serious Games e Neurofeedback como alternativa de tratamento de indivíduos com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade: uma revisão sistemática”, em *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2020)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, nov. 2020, p. 752–761. doi: 10.5753/cbie.sbie.2020.752.
- [54] F. L. Cibrian, K. D. Lakes, A. Tavakoulia, K. Guzman, S. Schuck, e G. R. Hayes, “Supporting Self-Regulation of Children with ADHD Using Wearables: Tensions and Design Challenges”, em *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI USA: ACM, abr. 2020, p. 1–13. doi: 10.1145/3313831.3376837.
- [55] N. C. Sanderson, S. Kessel, e W. Chen, “What do faculty members know about universal design and digital accessibility? A qualitative study in computer science and engineering disciplines”, *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 21, nº 2, p. 351–365, jun. 2022, doi: 10.1007/s10209-022-00875-x.
- [56] T. Sonne, C. Obel, e K. Grønbaek, “Designing Real Time Assistive Technologies: A Study of Children with ADHD”, em *Proceedings of the Annual Meeting of the Australian Special Interest Group for Computer Human Interaction*, Parkville VIC Australia: ACM, dez. 2015, p. 34–38. doi: 10.1145/2838739.2838815.
- [57] T. Sonne, P. Marshall, C. Obel, P. H. Thomsen, e K. Grønbaek, “An assistive technology design framework for ADHD”, em *Proceedings of the 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction - OzCHI '16*, Launceston, Tasmania, Australia: ACM Press, 2016, p. 60–70. doi: 10.1145/3010915.3010925.
- [58] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, “Evaluating Accessibility in Ubiquitous Environments: a Case Study with Museum Installations”, em *Anais do XLVIII Seminário Integrado de Software e Hardware*, Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2021, p. 88–96. doi: 10.5753/semish.2021.15810.

- [59] P. N. Ferreira, J. L. Beda, G. D. Belarmino, C. L. Rodriguez, e V. G. Motti, “Movimentação de Aluno em Sala de Aula: Análise Descritiva de Dados de Wearables”, em *Anais do I Workshop de Aplicações Práticas de Learning Analytics em Instituições de Ensino no Brasil (WAPLA 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, nov. 2022, p. 69–78. doi: 10.5753/wapla.2022.227536.
- [60] P. N. Ferreira, C. L. F. dos Santos, J. L. Beda, G. D. Belarmino, C. L. Rodriguez, e V. G. Motti, “Coleta de Informações de Movimento e Atividades de Crianças na Escola com Wearables: Relato de Experiência”, em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, nov. 2022, p. 1102–1113. doi: 10.5753/sbie.2022.225239.
- [61] J. V. da Silva, M. C. C. Baranauskas, D. A. Gonçalves, e A. C. dos Santos, “Building a Space for the Human in IoT: Contributions of a design process”, *J. Braz. Comput. Soc.*, vol. 28, nº 1, p. 80–95, dez. 2022, doi: 10.5753/jbcs.2022.2958.
- [62] E. Dagan, E. Márquez Segura, F. Altarriba Bertran, M. Flores, R. Mitchell, e K. Isbister, “Design Framework for Social Wearables”, em *Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference*, San Diego CA USA: ACM, jun. 2019, p. 1001–1015. doi: 10.1145/3322276.3322291.
- [63] A. C. dos Santos, L. M. Muriana, J. R. O. G. Pimenta, J. V. da Silva, E. A. Moreira, e J. C. dos Reis, “Investigating aspects of affectibility for universal access in socioenactive system scenarios”, em *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, Vitória Espírito Santo Brazil: ACM, out. 2019, p. 1–11. doi: 10.1145/3357155.3358475.
- [64] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, e S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review”, *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, nº 1, p. 7–15, jan. 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [65] G. R. Hayes, “Inclusive and engaged HCI”, *Interactions*, vol. 27, nº 2, p. 26–31, fev. 2020, doi: 10.1145/3378561.
- [66] M. Wong-Villacres *et al.*, “Elevating strengths and capacities: the different shades of assets-based design in HCI”, *Interactions*, vol. 29, nº 5, p. 28–33, ago. 2022, doi: 10.1145/3549068.
- [67] O. Metatla, A. Thieme, E. Brulé, C. Bennett, M. Serrano, e C. Jouffrais, “Toward classroom experiences inclusive of students with disabilities”, *Interactions*, vol. 26, nº 1, p. 40–45, dez. 2018, doi: 10.1145/3289485.
- [68] C. Holloway, “Disability interaction (DIX): a manifesto”, *Interactions*, vol. 26, nº 2, p. 44–49, fev. 2019, doi: 10.1145/3310322.
- [69] G. E. Baykal, M. Van Mechelen, e E. Eriksson, “Collaborative Technologies for Children with Special Needs: A Systematic Literature Review”, em *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Honolulu HI USA: ACM, abr. 2020, p. 1–13. doi: 10.1145/3313831.3376291.
- [70] J. R. de O. G. Pimenta, E. F. Duarte, e M. C. C. Baranauskas, “Investigando acesso equitativo em cenário socioenativo remoto: um estudo de caso”, em *Anais do XLIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH 2022)*, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, jul. 2022, p. 152–163. doi: 10.5753/semish.2022.223156.