



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LARISSA CASTRO ROCHA

HUBis: HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PARA AVALIAR SISTEMAS UBÍQUOS

FORTALEZA

2017

LARISSA CASTRO ROCHA

HUbis: HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PARA AVALIAR SISTEMAS UBÍQUOS

Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (MDCC) da Universidade Federal do Ceará (UFC) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Rossana Maria de Castro Andrade.

Coorientadora: Prof^ª. Dra. Andreia Libório Sampaio.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R574h Rocha, Larissa Castro.
HUbis: Heurísticas de Usabilidade para Avaliar Sistemas Ubíquos / Larissa Castro Rocha. – 2017.
132 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Rossana Maria de Castro Andrade.
Coorientação: Prof. Dr. Andreia Libório Sampaio.
1. Sistemas Ubíquos. 2. Interação Humano-Computador. 3. Heurísticas de Usabilidade. 4. Avaliação Heurística. I. Título.

CDD 005

LARISSA CASTRO ROCHA

HUbis: HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PARA AVALIAR SISTEMAS UBÍQUOS

Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (MDCC) da Universidade Federal do Ceará (UFC) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovada em: 28/08/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Rossana Maria de Castro Andrade (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Andreia Libório Sampaio (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jaime Hernán Sánchez Ilabaca
Universidad de Chile (UCHile)

Prof.^a Dra. Valéria Lelli Leitão Dantas
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Windson Viana de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico essa dissertação à Lícia Maria Castro
Rocha e à Carlos Almi da Rocha,
meus pais.

“Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu. É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu”.

Ana Vilela.

RESUMO

No paradigma de sistemas ubíquos, as tecnologias computacionais devem ser invisíveis ao usuário e trazer benefícios às suas atividades diárias. Para isso, os sistemas são incorporados em diversos objetos do cotidiano, interagindo com o usuário de forma discreta e fornecendo serviços de acordo com seu contexto corrente. Por conta dessa mudança no modo de interação entre o sistema ubíquo e o usuário, avaliar a usabilidade desses sistemas torna-se essencial para garantir sua aceitação. Um dos métodos da área de Interação Humano-Computador (IHC), utilizado para avaliar a usabilidade de sistemas, é a Avaliação Heurística (AH), que consiste em uma inspeção por especialistas, os quais são guiados por diretrizes de usabilidade e avaliam as interfaces dos sistemas com o objetivo de encontrar problemas de usabilidade. As heurísticas de Nielsen (HNs), que são bastante utilizadas em AHs de sistemas convencionais (i.e., desktop, web), não focam nas particularidades dos sistemas ubíquos como, por exemplo, mobilidade e sensibilidade ao contexto. Dessa forma, problemas de usabilidade relacionados a esses aspectos podem não ser identificados. Baseando-se em um processo existente que estabelece heurísticas para domínios específicos, esse trabalho então propõe heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos (HUBis), considerando tanto as características específicas que influenciam a IHC desses sistemas quanto as HNs. Para avaliar as HUBis, por um lado, é realizado um estudo empírico que tem como objetivo explorar as heurísticas propostas, observando a sua utilização em AHs. Por outro lado, questionários são utilizados com o intuito de coletar considerações de especialistas sobre o processo de criação das HUBis. A partir da análise dos resultados dessas duas avaliações, as heurísticas são refinadas e uma versão final das HUBis é gerada. Um guia também é elaborado para facilitar o uso das HUBis pela comunidade de IHC nas AHs, considerando os aspectos particulares dos sistemas ubíquos.

Palavras - chave: Sistemas Ubíquos. Interação Humano-Computador. Heurísticas de Usabilidade. Avaliação Heurística.

ABSTRACT

In the paradigm of ubiquitous systems, computing technologies must be invisible to the users and bring benefits to their daily activities. For this, these systems should be incorporated into several everyday objects, interacting with the users discreetly and providing services according to their current context. Because of this change in the mode of interaction between the ubiquitous system and the user, evaluating the usability of these systems becomes essential to ensure their acceptance. One of the methods of the Human-Computer Interaction (HCI) used to evaluate the usability of systems is the Heuristic Evaluation (HE), which consists of an inspection by specialists, who follow usability guidelines and evaluate the interfaces of the systems with the aim of finding usability problems. The Nielsen's heuristics (NH), which are widely used in HE of conventional systems (i.e., desktop, web), do not focus on the particularities of ubiquitous systems such as mobility and context-awareness. Therefore, usability problems related to these aspects may not be identified. Based on an existing process that establishes heuristics for specific domains, this work then proposes usability heuristics to evaluate ubiquitous systems (HUBis), considering not only the specific characteristics that influence the HCI of these systems but also the NH. In order to evaluate HUBis, on one hand, an empirical study is carried out to explore the proposed heuristics, observing their use in HE. On the other hand, questionnaires are used with the purpose of collecting expert considerations about the HUBis creation process. From the analysis of the results of these two evaluations, the heuristics are refined. Furthermore, a guide is also presented, so the community can better use the HUBis in HE, considering the particular aspects of ubiquitous systems.

Keywords: Ubiquitous Systems. Human-Computer Interaction. Usability Heuristics. Heuristic Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia de trabalho	17
Figura 2 – Expectativa do usuário em paralelo com a resposta do sistema sensível ao contexto	24
Figura 3 – Atributos de Aceitabilidade de Sistemas	25
Figura 4 – Amostra de item de verificação de acordo com cada fator	48
Figura 5 – Visão geral do processo baseado em Rusu et al. (2011)	52
Figura 6 – Processo de análise das características	56
Figura 7 – Amostra da “Planilha de Avaliação Heurística”	71
Figura 8 – Amostra da planilha da “Descrição das HUBis”	71
Figura 9 – Amostra do documento “Registro de Problemas”	71
Figura 10 – Exemplos de cenários da aplicação GREat Mute	72
Figura 11 – Amostra do questionário aplicado com especialistas	82
Figura 12 – Método Avaliação Heurística utilizando as HUBis	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões da Computação Ubíqua	21
Tabela 2 – Modelo TRUU	31
Tabela 3 – Fatores que afetam o resultado da avaliação heurística em dispositivos móveis.....	47
Tabela 4 – Comparação dos trabalhos relacionados obtidos nas Pesquisas 1 e 2	49
Tabela 5 – Características de qualidade para avaliação de IHC de sistemas ubíquos	54
Tabela 6 – Trabalhos analisados, características extraídas e correlação	57
Tabela 7 – Características a estarem presentes nas HUBis	60
Tabela 8 – HUBis’: Versão inicial das HUBis	66
Tabela 9 – Perfil dos participantes do Estudo Empírico	70
Tabela 10 – Severidades dos problemas de usabilidade	74
Tabela 11 – Informações quantitativas das avaliações heurísticas por participante	74
Tabela 12 – Perfil dos especialistas que participaram da avaliação Questionário	81
Tabela 13 – HUBis refinadas	90
Tabela 14 – Problemas de usabilidade identificados na GREat Mute	115
Tabela 15 – Problemas de funcionalidade identificados na GREat Mute	117

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Contextualização.....	12
1.2	Motivação.....	14
1.3	Objetivos.....	15
1.4	Metodologia de Trabalho.....	15
1.5	Organização da dissertação.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	Sistemas Ubíquos.....	18
2.1.1	<i>Definições.....</i>	18
2.1.2	<i>Características.....</i>	20
2.2	Avaliação da Interação Humano-Computador.....	23
2.2.1	<i>Interação Humano-Computador.....</i>	23
2.2.2	<i>Usabilidade.....</i>	26
2.2.3	<i>Métodos de Avaliação da Usabilidade.....</i>	27
2.2.4	<i>Avaliação da usabilidade em sistemas ubíquos.....</i>	29
2.3	Avaliação Heurística e Heurísticas de Usabilidade.....	32
2.3.1	<i>Avaliação Heurística.....</i>	32
2.3.2	<i>Heurísticas de Nielsen.....</i>	34
2.3.3	<i>Outras heurísticas de usabilidade.....</i>	36
2.3.4	<i>Processos para estabelecer heurísticas de usabilidade.....</i>	37
2.4	Considerações Finais.....	39
3	TRABALHOS RELACIONADOS.....	41
3.1	Pesquisa 1: Heurísticas de Usabilidade e Sistemas Ubíquos.....	41
3.2	Pesquisa 2: Heurísticas de Usabilidade e Sistemas Móveis e/ou Sensíveis ao Contexto.....	43

3.3	Considerações Finais	49
4	ELABORAÇÃO DAS HUBIS: VERSÃO INICIAL	50
4.1	Processo de Adaptação/Criação das HUBis	50
4.2	Adaptação e criação da versão inicial das HUBis	52
4.2.1	<i>Estágio Exploratório</i>	52
4.2.2	<i>Estágio Descritivo</i>	54
4.2.3	<i>Estágio Correlacional</i>	55
4.2.4	<i>Estágio Explicativo</i>	59
4.3	Considerações Finais	66
5	AVALIAÇÕES, REFINAMENTO E GUIA DE USO DAS HUBIS	67
5.1	Estudo empírico inicial	67
5.1.1	<i>Organização do estudo</i>	67
5.1.1.1	<i>Contexto geral</i>	67
5.1.1.2	<i>Participantes</i>	68
5.1.1.3	<i>Instrumentação</i>	69
5.1.1.4	<i>Desenho Experimental</i>	71
5.1.2	<i>Análise dos resultados</i>	73
5.1.2.1	<i>Sobre as HUBis'</i>	74
5.1.2.2	<i>Sobre o método Avaliação Heurística</i>	76
5.1.2.3	<i>Sobre os instrumentos utilizados na Avaliação Heurística</i>	77
5.1.3	<i>Limitações do estudo</i>	78
5.2	Questionário	79
5.2.1	<i>Organização do questionário</i>	79
5.2.1.1	<i>Contexto geral</i>	79
5.2.1.2	<i>Participantes</i>	80
5.2.1.3	<i>Instrumentação</i>	80

5.2.1.4	<i>Execução da Avaliação</i>	81
5.2.2	<i>Análise dos resultados</i>	82
5.3	Refinamento das HUBis	85
5.4	Análise comparativa das HUBis e das heurísticas dos trabalhos relacionados	90
5.5	Guia de Uso das HUBis	91
5.5.1	<i>Sessão de Preparação</i>	92
5.5.2	<i>Sessão de Avaliação</i>	93
5.5.3	<i>Sessão de Resultados</i>	93
5.6	Considerações Finais	94
6	CONCLUSÃO	95
6.1	Visão geral	95
6.2	Resultados alcançados e contribuições	96
6.3	Limitações do trabalho	97
6.3.1	<i>Em relação ao processo</i>	97
6.3.2	<i>Em relação às avaliações (Estudo Empírico)</i>	98
6.4	Trabalhos futuros	99
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO	107
	APÊNDICE B – PLANILHA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA (ITENS)	108
	APÊNDICE C – PLANILHA “DESCRIÇÃO DAS HUBIS”	111
	APÊNDICE D – RELATÓRIO DE REGISTRO DE PROBLEMAS	113
	APÊNDICE E – PROBLEMAS DA APLICAÇÃO GREAT MUTE	114
	APÊNDICE F – PLANILHA FINAL DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA	117
	APÊNDICE G – DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS HUBIS ..	120
	APÊNDICE H – COMPARAÇÃO DAS HEURÍSTICAS DOS TRABALHOS RELACIONADOS EM RELAÇÃO ÀS HN E ÀS HUBIS ..	122

1 INTRODUÇÃO

Essa dissertação tem como objetivo propor um conjunto de heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos. Este capítulo introduz, na Seção 1.1, a contextualização em que o trabalho de dissertação está inserido. A Seção 1.2 apresenta a motivação para o desenvolvimento do trabalho e a Seção 1.3 os objetivos da dissertação. A Seção 1.4 apresenta a metodologia utilizada para realização desse trabalho e, por fim, é apresentada a estrutura organizacional desta dissertação, na Seção 1.5.

1.1 Contextualização

Mark Weiser, considerado o pai da computação ubíqua, descreve em (WEISER, 1991) um futuro em que a tecnologia habitaria os objetos do dia-a-dia das pessoas, como torradeiras, relógios, telefones, interruptores de luz, auxiliando a execução de suas tarefas diárias. Ao idealizar a Computação Ubíqua, ele diz que as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se misturam com os objetos do dia-a-dia até se tornarem indistinguíveis no ambiente.

Sistemas ubíquos são capazes de monitorar o ambiente e o comportamento dos usuários com a finalidade de fornecer serviços de forma natural, sem a necessidade de desviar a atenção do usuário para detalhes técnicos da tecnologia computacional (ROCHA *et al.*, 2011). Isso ocorre, por exemplo, quando uma pessoa entra em uma sala escura e a luz acende automaticamente, ou quando o celular é alterado para o modo silencioso quando o usuário entra em uma reunião. Esse comportamento adaptativo é devido à característica de sensibilidade ao contexto, que identifica as informações de contexto do usuário e da aplicação, apoiando o usuário em suas atividades diárias (DEY, 2001).

Como os sistemas ubíquos são incorporados em objetos do cotidiano e fornecem acesso à informação a qualquer momento e onde quer que o usuário esteja, existe uma considerável probabilidade dos usuários se sentirem perturbados por eles (CARVALHO; ANDRADE; OLIVEIRA, 2015). Para um usuário que esteja realizando uma atividade do seu dia-a-dia, como dirigir, estudar ou trabalhar, seria incômodo ter diversos dispositivos computacionais ao redor requisitando constantemente atenção e o bombardeando com informações irrelevantes para o momento (EVERS *et al.*, 2014). Dessa forma, ao idealizar um sistema ubíquo é preciso considerar onde, quando e de que forma o sistema deve interagir com o usuário de forma que o agrade.

Percebendo a diferença de comportamento dos sistemas ubíquos em relação aos sistemas convencionais (i.e. *desktop*, *web*), é preciso considerar que a interação com os usuários também sofre mudanças. Rocha *et al.* (2011) ressaltam que o foco de interesse dos sistemas ubíquos passa a ser os usuários e suas necessidades ao invés da tecnologia computacional. Com isso, é preciso garantir um bom nível de qualidade da interação humano-computador de acordo com as características particulares desses sistemas como, por exemplo, mobilidade e transparência (CARVALHO *et al.*, 2016).

A área da Interação Humano-Computador (IHC) estuda métodos de construção e de avaliação de sistemas computacionais interativos para uso humano e importantes fatores ao redor deles (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003), de forma a proporcionar aos usuários uma maior produtividade e facilidade na realização de suas tarefas (GOMES, 2009). Enquanto a área da Engenharia de Software objetiva construir sistemas robustos, livre de erros, mais eficientes e com boa manutenibilidade, a área de IHC complementa se preocupando com a qualidade de uso desses sistemas e no impacto que eles têm na vida dos usuários (BARBOSA; DA SILVA, 2010).

Um dos aspectos mais importantes da IHC é a usabilidade, que está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso (NIELSEN, 1993a). Para avaliar a usabilidade de um determinado sistema, existem vários métodos de avaliação da usabilidade que são aplicados para se identificar problemas de usabilidade existentes. Porém, os métodos tradicionais existentes na literatura são genéricos e aplicáveis a qualquer tipo de sistema, tendo muitas vezes que ser adaptados para aumentar a eficiência da avaliação de um determinado domínio de aplicação (MORAES; ROSA, 2008).

Um dos métodos de avaliação da usabilidade mais conhecido é a Avaliação Heurística (NIELSEN; MOLICH, 1990), um método de inspeção onde um grupo de 3 a 5 avaliadores são guiados por um conjunto de princípios de *design* (heurísticas de usabilidade) para avaliar sistematicamente os elementos das interfaces dos sistemas em busca de problemas de usabilidade. Dessa forma, o conjunto de heurísticas selecionado pode influenciar significativamente no resultado da avaliação heurística realizada (JIMENEZ; LOZADA; ROSAS, 2016).

Um conjunto de 10 heurísticas de usabilidade (NIELSEN, 1995), chamadas Heurísticas de Nielsen (HNs), é amplamente reconhecido, aceito e aplicado. Essas heurísticas são genéricas e formam um conjunto inicial que pode ser incrementado com novas diretrizes de acordo com as características específicas dos domínios das aplicações (BARBOSA; DA

SILVA, 2010).

1.2 Motivação

De acordo com Poppe, Rienks e Dijk (2007), a forma dos usuários de interagir com os sistemas ubíquos muda em relação aos sistemas convencionais. A computação ubíqua traz novas formas de detecção de entrada de dados (sensores, voz, gestos), mudanças na iniciativa da interação (pode ser iniciada pelo sistema), maior heterogeneidade das interfaces físicas (desde grandes *displays* interativos a *smartwatches*) e mudanças na finalidade da aplicação (foco agora é na vida cotidiana do usuário).

Dessa forma, para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos, é preciso compreender que os ambientes ubíquos têm mais fatores que precisam ser considerados em relação a sistemas convencionais, como as informações do contexto em que o usuário e a aplicação estão inseridos (KIM; KIM; PARK, 2003).

Em busca de identificar como os métodos de avaliação da usabilidade estão sendo aplicados em sistemas ubíquos, identificou-se que Bezerra *et al.* (2014) observaram, por exemplo, que o método Teste de Usabilidade está sendo aplicado em sistemas ubíquos de maneira tradicional, assim como é aplicado em sistemas convencionais, não sendo identificada nenhuma abordagem específica de testes de usabilidade para sistemas ubíquos. Já Bonifácio *et al.* (2012) revelou oportunidades para adaptar métodos de inspeção para avaliação da usabilidade de sistemas móveis e web, e dentre eles as Heurísticas de Nielsen seguem como as mais utilizadas.

A pesquisa em busca dos trabalhos relacionados a esta dissertação (detalhada no Capítulo 3) objetivou identificar trabalhos que utilizem heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos. Uma ampla revisão da bibliografia foi realizada e apenas um trabalho (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008) continha heurísticas para avaliar sistemas ubíquos. Porém, o escopo de sistemas ubíquos do trabalho citado não considerava características como mobilidade e as heurísticas foram definidas em torno do domínio da aplicação a ser avaliado (sistemas *e-learning*).

Além disso, uma revisão sistemática da literatura (QUIÑONES; RUSU, 2017) que analisou 68 trabalhos relacionados ao desenvolvimento de heurísticas de usabilidade, concluiu que as heurísticas de Nielsen permitem avaliar alguns aspectos gerais de usabilidade de qualquer aplicação como, por exemplo, a prevenção de erros, consistência e padrões. No entanto, apesar delas serem utilizadas como base para adaptações e criações de novas

heurísticas, elas são heurísticas genéricas e por isso ignoram os elementos críticos de uma aplicação específica, fazendo com que problemas de usabilidade não sejam identificados em relação a esses elementos. Ainda nessa revisão sistemática, não foi identificado qualquer conjunto de heurísticas para avaliar sistemas ubíquos. O trabalho de Kemp, Thompson e Johnson (2008), citado no parágrafo anterior, foi classificado nessa revisão como sistema de domínio *e-learning* e não domínio de sistemas ubíquos.

Portanto, com a revisão de literatura descrita anteriormente, notou-se a importância de adaptar e/ou criar heurísticas específicas para avaliar tanto aspectos particulares de um domínio de aplicação, como aspectos gerais (considerando as heurísticas de Nielsen, por exemplo). Em particular, percebeu-se a ausência de um conjunto de heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos com suas características específicas como, por exemplo, a transparência, atenção, calma, mobilidade e sensibilidade ao contexto.

1.3 Objetivos

Este trabalho de mestrado tem como objetivo investigar e propor heurísticas de usabilidade para avaliar os sistemas ubíquos, de acordo com aspectos que influenciam a interação humano-computador desses sistemas.

Para alcançar o objetivo, as seguintes metas são definidas:

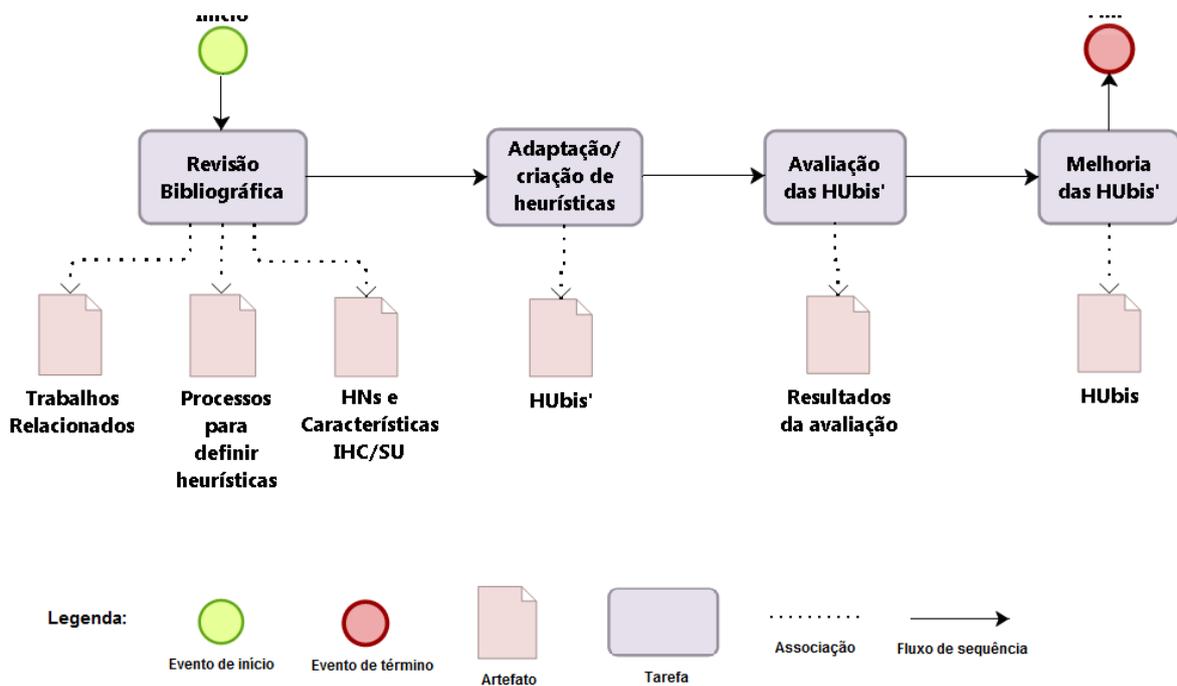
- a) realizar uma revisão bibliográfica relacionada aos temas desta dissertação: sistemas ubíquos e suas características, heurísticas de usabilidade, heurísticas de Nielsen, Avaliação heurística, trabalhos relacionados e outros;
- b) adaptar e/ou criar heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos;
- c) avaliar as heurísticas propostas aplicando-as em avaliações heurísticas, utilizando um sistema ubíquo;
- d) realizar melhorias nas heurísticas propostas a partir dos resultados das avaliações.

1.4 Metodologia de trabalho

A Figura.1 ilustra, utilizando a notação *Business Process Model and Notation* - BPMN (SMITH; FINGAR, 2003), a metodologia de trabalho para alcançar o objetivo desta dissertação. Inicialmente, é necessário realizar uma revisão bibliográfica para investigar o estado da arte relacionado ao tema desta dissertação. Pretende-se identificar: (i) trabalhos

relacionados a heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos, utilizando alguns aspectos de uma revisão sistemática (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007); (ii) processos para adaptar/criar heurísticas de usabilidade para domínios específicos; e (iii) as heurísticas de Nielsen e características que impactam na interação humano-computador dos sistemas ubíquos, para estarem presentes nas heurísticas a serem propostas.

Figura 1 - Metodologia de trabalho



Fonte: elaborada pelo autor.

A partir dessa revisão bibliográfica e de seus resultados, as HUBis devem ser propostas, adaptando heurísticas já existentes (por exemplo, HNs) e criando novas heurísticas, caso necessário, para cobrir todas as características identificadas. Para essa adaptação/criação, um processo deve ser selecionado e executado para definir as HUBis de forma que utilize as HNs como base e as características que influenciam a IHC dos sistemas ubíquos. Com isso, uma primeira versão das heurísticas é elaborada e identificada por HUBis'.

Para a avaliação da HUBis', deseja-se observar o uso delas sendo utilizadas em avaliações heurísticas, através de um estudo empírico qualitativo, para identificar as impressões dos avaliadores em relação a elas. Além disso, uma pesquisa com especialistas deve ser realizada em busca de analisar as heurísticas propostas e a forma que elas foram adaptadas e/ou criadas.

Os resultados da avaliação são coletados e analisados de forma a identificar melhorias nas HUBis' e na forma de aplicá-las. Com isso, um refinamento deve ser realizado nas heurísticas e uma nova versão das HUBis é definida, de forma que possam ser aplicadas em avaliações heurísticas de sistemas ubíquos, considerando os aspectos particulares destes.

1.5 Organização da Dissertação

Este capítulo apresentou a contextualização e a problemática que motivou essa dissertação de mestrado, o objetivo e a metodologia a ser seguida para atingi-lo. Os demais capítulos estão organizados conforme apresentado a seguir.

Capítulo 2 - Este capítulo é dedicado à fundamentação teórica e tem por objetivo fornecer a base teórica em relação às áreas que compõem essa dissertação de mestrado: Sistemas Ubíquos, Avaliação da Interação Humano-Computador e Heurísticas de Usabilidade.

Capítulo 3 - Este capítulo investiga os trabalhos relacionados dessa dissertação, auxiliando a identificar o que tem sido explorado e as lacunas na literatura em relação a heurísticas de usabilidade para sistemas ubíquos.

Capítulo 4 - Este capítulo apresenta o processo para a criação das heurísticas e a execução dos 4 primeiros estágios do processo, obtendo a primeira versão das heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos.

Capítulo 5 - Este capítulo continua e conclui a execução do processo apresentado no Capítulo 4, com seus últimos 2 estágios. A organização das avaliações realizadas é apresentada, seguida dos resultados e análises dos mesmos. Para concluir o capítulo, é realizado o refinamento das heurísticas propostas, apresentando-as em sua nova versão e um guia para utilizá-las.

Capítulo 6 – Este capítulo traz as considerações finais desta dissertação e relata as possíveis pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é dedicado a um estudo bibliográfico sobre as principais áreas de conhecimento relacionadas a esta pesquisa: sistemas ubíquos, avaliação da interação humano-computador e heurísticas de usabilidade. A Seção 2.1 apresenta definições e características dos sistemas ubíquos. Na Seção 2.2 são introduzidos os conceitos da área de IHC, destacando a característica de usabilidade, seus métodos de avaliação e como eles estão sendo utilizados nos sistemas ubíquos. Por fim, a Seção 2.3 aborda o método Avaliação Heurística, as tradicionais Heurísticas de Nielsen, uma visão geral sobre outras heurísticas e sobre os processos que estão sendo utilizados para estabelecer heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas específicos.

2.1 Sistemas Ubíquos

2.1.1 Definições

O relacionamento entre o usuário e a tecnologia pode ser dividido em três eras. A primeira é chamada de “mainframe”, onde os computadores eram poucos e caros e um único computador era utilizado por várias pessoas. A segunda é a era dos computadores pessoais, que é caracterizada pelo fato de que cada pessoa tem seu próprio computador (WEISER; BROWN, 1997).

Uma terceira era, onde uma pessoa possui vários computadores, é possível perceber com a computação móvel, as tecnologias avançadas da internet, dos sistemas distribuídos e embarcados e a miniaturização dos dispositivos computacionais. Os recursos disponíveis nessa era participam dos conceitos de Computação Ubíqua, concebida por Mark Weiser (WEISER, 1991).

Weiser (1991) discursa que a computação ubíqua tem como objetivo melhorar o uso do computador, fazendo muitos computadores disponíveis em todo lugar, mas tornando-os efetivamente invisíveis para o usuário. Para isso, os computadores estarão embutidos de forma que a tecnologia desapareça no ambiente e fique em segundo plano. Esse desaparecimento é em decorrência de um fator psicológico humano. Sempre que as pessoas aprendem algo muito bem, elas deixam de estar cientes disso. Então, apenas quando as coisas desaparecem dessa maneira é que se está liberado para usá-las sem pensar e assim focar em novos objetivos.

Para ilustrar esse desaparecimento das tecnologias, podem ser utilizados como exemplo os motores elétricos. Inicialmente, uma fábrica possuía um único motor que comandava o trabalho de várias máquinas diferentes através de um sistema de eixos e polias. A evolução se deu com motores elétricos pequenos, baratos e eficientes sendo possível dar a cada máquina sua própria fonte de força e logo depois a possibilidade de ter muitos motores em uma única máquina, como, por exemplo, em um automóvel. Para as pessoas, não haveria sentido perceber que estão lidando com motores ao ligar o carro, limpar o para-brisa ou travar e destravar as portas.

Da mesma forma, quando você olha para um semáforo você absorve seu significado sem conscientemente realizar o ato de ler aquela informação. Portanto, os dispositivos computacionais ficarão na periferia dos usuários para que estes possam executar suas atividades diárias sem se preocupar com os recursos tecnológicos.

As definições de Mark Weiser são consideradas visionárias e nortearam muitas outras pesquisas das quais resultaram novas definições para a computação ubíqua, como pode ser visto a seguir:

- a) “Representa o conceito de computação em todo o lugar, fazendo com que o uso da computação e a comunicação sejam transparentes para o usuário.” (YAU; YU; KARIM, 2002).
- b) “O uso de um conjunto de computadores dos mais variados tamanhos, formatos e funções, que de forma coordenada e autônoma, auxiliam as pessoas na realização das diversas tarefas cotidianas.” (LIMA, 2011).
- c) “Envolve a integração da computação no mundo real. Assim, computação ubíqua é, principalmente, preocupar-se com o entrelaçamento entre sistemas de informação e o mundo real.” (COURDEC; BANATRE, 2003).

De acordo com Araujo (2003), os termos “computação ubíqua”, “computação pervasiva” e “computação móvel” eram confundidos, porém eram considerados conceitos diferentes. A computação móvel é a ideia de que os serviços computacionais são movidos fisicamente com o usuário para outros lugares. A computação pervasiva defende que os serviços computacionais estão embarcados no ambiente de forma transparente, ou seja, o computador obtém informação do ambiente e dinamicamente constrói um modelo computacional para cada situação, ajustando a aplicação para melhor atender às necessidades do usuário. Já a computação ubíqua integra a mobilidade com a funcionalidade da computação pervasiva.

A Tabela 1 mostra as dimensões da computação ubíqua em relação à computação

móvel e à computação pervasiva, avaliando a Mobilidade e o Grau de inteligência. Mobilidade é a capacidade do usuário de utilizar os serviços computacionais independente de sua localização, já o Grau de inteligência indica o grau de “embarcamento” dos computadores para detectar, explorar e construir dinamicamente modelos de seus ambientes (ARAÚJO, 2003). No entanto, segundo Nieuwdorp (2007) os termos “computação pervasiva” e “computação ubíqua” são considerados sinônimos.

Tabela 1 - Dimensões da Computação Ubíqua

	Computação Pervasiva	Computação Móvel	Computação Ubíqua
Mobilidade	Baixa	Alta	Alta
Grau de inteligência	Alto	Baixo	Alto

Fonte: Adaptada de (ARAÚJO, 2003)

Nesta subseção foram apresentados os princípios da “computação ubíqua”, porém a definição de um “sistema ubíquo” possui um escopo mais bem definido e está fortemente relacionado com as diferentes características que compõem a computação ubíqua, que são descritas na seção 2.1.2. Isto porque ubiquidade é uma propriedade do sistema e como tal, pode ser atendida em sua totalidade ou parcialmente (SPÍNOLA *et al.*, 2007).

2.1.2 Características

Em Santos (2014) foram selecionadas as seguintes características de sistemas ubíquos como essenciais para a avaliação da qualidade da interação humano-computador:

- “Sensibilidade ao Contexto: corresponde à capacidade de coletar informações contextuais e utilizar essas informações para realizar as adaptações (KOUROUTHANASSIS; GIAGLIS; KARAIKOS, 2008). É importante deixar claro que existem outros tipos de adaptações, como as adaptações estáticas que modificam a estrutura do software devido a mudanças em requisitos de software. Entretanto, nesse trabalho o conceito de sensibilidade ao contexto está atrelado com as adaptações dinâmicas, aquelas em que o software modifica seu comportamento devido a variações de contexto (ROCHA, 2007).”

- “Transparência: segundo (SATYANARAYANAN, 2001), pode ser alcançada pela proatividade do sistema, de forma que o usuário seja minimamente distraído. Isso acontecerá se ele conhecer bem o usuário, suas expectativas e seu ambiente. Além disso, o

sistema ubíquo deve esconder sua infraestrutura computacional no ambiente do usuário, de forma que o usuário não perceba que está interagindo com um conjunto de computadores”.

- *“Atenção: não é uma característica nova, ela foi bastante estudada na área da computação desktop e representa uma maior atenção para a atividade no computador (SCHOLTZ; CONSOLVO, 2004). No entanto, na computação ubíqua, essa característica significa o contrário. No ambiente ubíquo, os computadores estão escondidos e substituem as atividades do usuário, possibilitando assim o usuário focar nas diversas atividades mentais e físicas como andar, dirigir ou outras interações do mundo real (GARLAN; SIEWIOREK; STEENKISTE, 2002). Assim, na computação ubíqua, Atenção representa um aumento do foco de atenção do usuário nas suas atividades do dia-a-dia”.*

- *“Calma: é visionada por Mark Weiser como uma nova abordagem para encaixar apropriadamente a computação nas vidas das pessoas. No artigo de (RIEKKI; ISOMURSU; ISOMURSU, 2004), o autor afirma que calma significa “livre de distração, excitação ou perturbação” e que uma aplicação calma é aquela que está disponível a qualquer hora e lugar, interage com o usuário no momento correto, somente apresenta informações relevantes, utiliza a periferia da atenção e o centro, somente quando necessário e é fácil e natural de utilizar e se encaixa bem na situação do usuário”.*

- *“Mobilidade: não é uma característica nova, ela foi considerada desde os anos 60, através de sistemas de compartilhamento de tempo, passando para a computação distribuída nos anos 70, até a computação móvel, nos anos 90. Na computação móvel, por causa do desenvolvimento de dispositivos móveis (e.g. laptops, PDAs e celulares) e de tecnologias de comunicação sem fio (e.g. 3G, 4G e wifi), a computação passou a fazer parte do cotidiano das pessoas, tornando o acesso móvel uma realidade. Já na era da computação ubíqua, caracterizada pela mínima distração do usuário, existe uma busca pela mobilidade “seamless” que se refere ao uso contínuo ou ininterrupto da computação enquanto o usuário se move através de dispositivos (YU et al., 2013).”*

Essas 5 características foram selecionadas por Santos (2014) a partir das principais definições existentes de sistemas ubíquos, com a finalidade de criar medidas para avaliar a qualidade da interação humano-computador desses sistemas (CARVALHO *et al.*, 2016). Elas são consideradas como escopo dos sistemas ubíquos deste trabalho, ou seja, para ser considerado ubíquo o sistema precisa ter essas características.

Lima (2011) também seleciona algumas características relacionadas a sistemas ubíquos (e.g. captura de experiência e intenções, comportamento adaptável, descoberta de serviços automática, heterogeneidade de dispositivos e serviços, interoperabilidade

espontânea, mínima intervenção do usuário, onipresença dos serviços, tolerância a falhas), mas considera que é impossível conceber um sistema ubíquo sem ser sensível ao contexto.

Segundo Dey e Abowd (1999) “Um sistema é sensível ao contexto se ele utiliza contexto para prover serviços e/ou informações relevantes para o usuário, onde relevância depende da tarefa do usuário”. Contexto é alguma informação que pode ser utilizada para representar a situação de uma entidade. Uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar, ou um objeto considerado relevante para a interação entre uma aplicação e um usuário, incluindo-os (DEY, 2001).

Existem duas perspectivas para um sistema ser considerado sensível ao contexto. A primeira é quando o sistema é capaz de coletar informações de contexto e armazená-las, não precisando adaptar seu comportamento. Já a segunda perspectiva é quando o sistema adapta seu comportamento dependendo das informações do contexto, ou seja, o sistema coleta informações de contexto e fornece serviços de acordo com essas informações (DEY; ABOWD, 1999).

A aplicação Geomóvel (MARÇAL *et al.*, 2013) é um exemplo da primeira perspectiva, pois a localização do usuário é detectada e armazenada para que o usuário associe a ela fotos, textos, gravações e dados geográficos. Um exemplo para a segunda perspectiva de sistemas sensíveis ao contexto é o Waze¹, um aplicativo de trânsito e navegação baseado em comunidade, onde o sistema detecta a localização do usuário e todas as informações do trânsito no momento, e a partir disso fornece uma melhor rota para o usuário trafegar, ou a luz de um dispositivo que é ligada quando o ambiente está escuro ou *layouts* de tela ajustados quando o usuário está dirigindo.

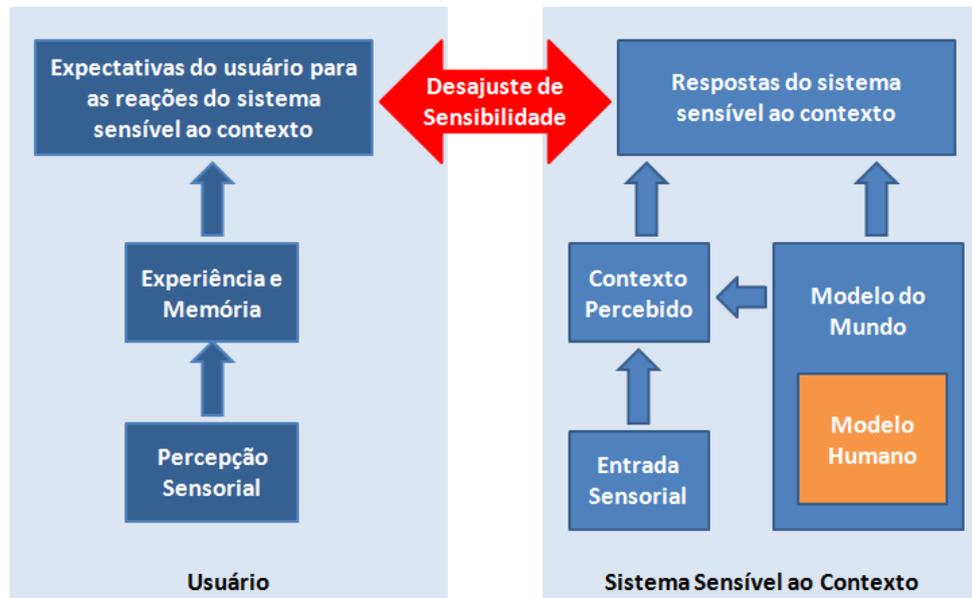
Schmidt (2013) diz que o principal objetivo de um sistema sensível ao contexto é atingir uma representação do mundo que seja próxima à percepção do usuário. Para a localização, meios de detecção estão bem estabelecidos como, por exemplo, o GPS, porém para muitos outros sensores não há uma única maneira de interpretar a informação detectada. Por exemplo, uma sala escura pode ser assustadora para um determinado usuário, mas pode ser tranquilizadora para outro.

A percepção do usuário sobre o ambiente é baseada nos sentidos humanos, na experiência e na memória. Dessa forma, apenas dados de sensores não fornecem um cenário completo (SCHMIDT, 2013). Na Figura 2, pode-se observar que a percepção, experiência e memória do usuário levam às expectativas do usuário. Por outro lado, o contexto percebido

¹ Link: www.waze.com

pelo sistema a partir da entrada do sensor, juntamente com o modelo do mundo e o modelo humano, conduzem a reação do sistema. Portanto, um bom *design* de sistema sensível ao contexto deve buscar minimizar o “desajuste de sensibilidade”.

Figura 2 - Expectativa do usuário em paralelo com a resposta do sistema sensível ao contexto



Fonte: Adaptado de (SCHMIDT, 2013).

Todos esses fatores relacionados à sensibilidade ao contexto impactam na usabilidade do sistema. Eles devem ser avaliados de forma a proporcionar uma melhor experiência de uso para o usuário.

2.2 Avaliação da Interação Humano-Computador

2.2.1 Interação Humano-Computador

Uma importante área para os sistemas computacionais é a área da Interação Humano-Computador (IHC), que é definida e tem seus objetivos como segue:

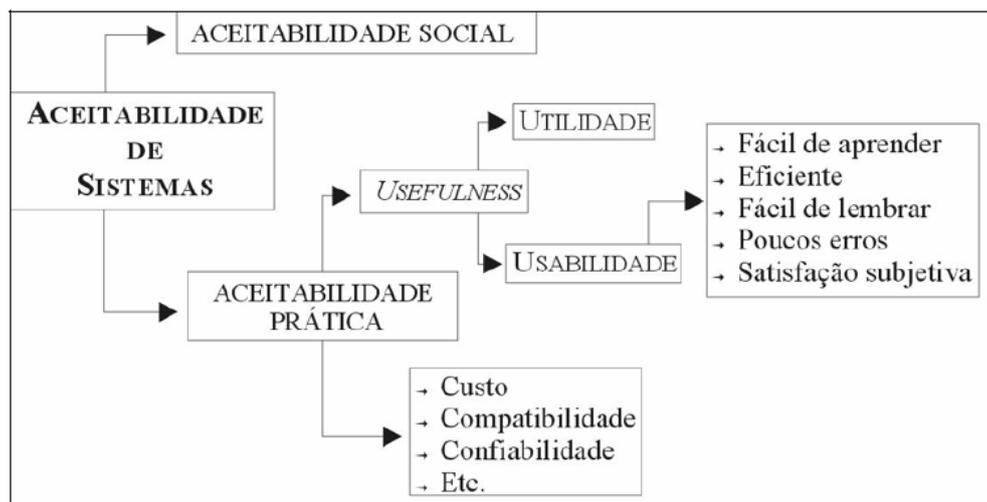
- a) para Preece *et al.* (1994), a IHC diz respeito ao entendimento de como as pessoas usam sistemas computacionais para que sistemas melhores possam ser projetados para atender mais aproximadamente às necessidades dos usuários;
- b) de acordo com Hewett *et al.* (1992), a IHC “é uma disciplina que se preocupa

com o design, a avaliação e a implementação de sistemas computacionais interativos para o uso humano e com o estudo de fenômenos importantes que os rodeiam”;

- c) segundo Zuasnábar *et al.* (2003), a pesquisa em IHC tem como objetivo propiciar o desenvolvimento de sistemas mais úteis e amigáveis, de forma a ajustar as funcionalidades do sistema de acordo com os conhecimentos e objetivos específicos dos usuários. Com um mundo rico em informações, o desafio não é só tornar a informação disponível, mas dizer aos usuários as informações corretas, da maneira correta e no tempo correto;
- d) já Rocha e Baranauskas (2003), diz que “*os objetivos de IHC são o de produzir sistemas usáveis, seguros e funcionais. Esses objetivos podem ser resumidos como desenvolver ou melhorar a segurança, utilidade, efetividade e usabilidade de sistemas que incluem computadores. Nesse contexto o termo sistemas se refere não somente ao hardware e ao software, mas a todo o ambiente que usa ou é afetado pelo uso da tecnologia computacional*”.

Nielsen (1993) trata esses conceitos e objetivos com um termo mais amplo que ele denomina de “aceitabilidade de um sistema”, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Atributos de Aceitabilidade de Sistemas. Adaptado de (NIELSEN, 1993)



Fonte: Adaptado de (NIELSEN, 1993)

De acordo com a Figura 3, essa aceitabilidade é a junção da “Aceitabilidade Social”, que remete ao fato da sociedade aceitar o sistema como ele se comporta, com a “Aceitabilidade Prática”, que trata dos tradicionais parâmetros de custo, confiabilidade,

compatibilidade, com também a categoria denominada “*Usefulness*”. Essa categoria se refere ao fato do sistema ser usado para atingir um determinado objetivo. Essa categoria é uma combinação de “Utilidade” e “Usabilidade”. Utilidade verifica se o sistema faz exatamente o que deve ser feito, e por isso é útil. A Usabilidade é a facilidade de uso das funcionalidades do sistema (ROCHA E BARANAUSKAS, 2003). Nielsen (1993) afirma que pouco importa se um sistema é fácil de usar, se ele não é o que o usuário quer; e, por outro lado, de nada adianta se é o que o usuário quer, mas o uso é muito complicado.

É possível perceber que o aperfeiçoamento da interação humano-computador aumenta a qualidade de uso de sistemas, apresentando vários benefícios para a experiência do usuário e para a sua vida (RUBIN, 1994; BIAS; MAYHEW, 2005). Barbosa e Da Silva (2010) relacionam alguns pontos onde o aumento da qualidade de uso pode contribuir:

- a) redução da quantidade e gravidade dos erros cometidos pelos usuários, pois eles vão poder compreender melhor como o sistema reage de acordo com suas interações;
- b) aumento da produtividade dos usuários, uma vez que a interação é eficiente, os usuários conseguem atingir seus objetivos de forma mais rápida e fácil;
- c) redução do custo de suporte técnico, pois os usuários terão mais facilidade de utilizar o sistema e, no caso de cometer algum erro, o próprio sistema o ajuda a se recuperar;
- d) redução do custo de treinamento, pois os usuários se sentirão mais seguros e motivados com o uso do sistema, e poderão aprender as funcionalidades com o próprio uso do sistema;
- e) aumento das vendas (no caso de um sistema comercial) e a fidelidade do cliente/usuário, pois os clientes satisfeitos indicam o uso do sistema a outras pessoas e voltam a comprar novas versões.

Com isso, a qualidade de uso se torna uma vantagem competitiva e importante que agrega valor ao produto. Segundo Barbosa e Da Silva (2010), os critérios de qualidade de uso que respondem se as características da interação e interface são adequadas são: Experiência do Usuário, Acessibilidade, Comunicabilidade e Usabilidade.

A Experiência do Usuário é a preocupação com a emoção e os sentimentos dos usuários (BEVAN, 2009). Mas como prever as reações dos diversos usuários que usam um mesmo sistema interativo? Os usuários de um mesmo sistema possuem muitas características semelhantes, mas a experiência do usuário é algo pessoal. Não dá para prever totalmente as emoções do usuário durante a interação com o sistema, mas é possível construir um sistema

que provoque boas emoções nos usuários e que evitem sensações desagradáveis. Alguns aspectos importantes para a experiência do usuário devem ser considerados na construção do projeto de um sistema interativo, como, por exemplo, atenção, ritmo, divertimento, interatividade, controle consciente e inconsciente, envolvimento e estilo de narrativa (SHARP; ROGERS; PREECE, 2007).

Acessibilidade é definida como sendo a “flexibilidade proporcionada para o acesso à informação e à interação, de maneira que usuários com diferentes necessidades possam acessar e usar esses sistemas.” (MELO; BARANAUSKAS, 2005).

Durante a interação, o usuário emprega: sua habilidade motora para agir sobre os dispositivos de entrada; seus sentidos (visão, audição e tato) e capacidade de percepção para identificar as respostas do sistema emitidas pelos dispositivos de saída; sua capacidade cognitiva, de interpretação e de raciocínio para compreender as respostas do sistema e planejar os próximos passos da interação (BARBOSA; DA SILVA, 2010). Cuidar da acessibilidade significa permitir que mais pessoas possam perceber, compreender e utilizar o sistema usufruindo de todo o apoio computacional oferecido por ele.

A Comunicabilidade diz respeito à capacidade da interface de comunicar ao usuário a lógica do projeto: as intenções do projetista e os princípios de interação resultantes das decisões tomadas durante todo o processo de projeto (Prates *et al.* 2000); (DE SOUZA, 2005); (DE SOUZA; LEITÃO, 2009).

O critério Usabilidade é definido com mais detalhes na Seção 2.2.2, por ser um conceito de destaque para este trabalho.

2.2.2 Usabilidade

A Usabilidade está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso (NIELSEN, 1993a).

A norma ISO/IEC 9126 (1991) foi a primeira norma que definiu o termo Usabilidade como sendo “Um conjunto de atributos relacionados com o esforço necessário para o uso de um sistema interativo, e relacionados com a avaliação individual de tal uso por um conjunto específico de usuários.”

Em 1998, a ISO 9241-11 foi bem sucedida ao fornecer uma definição internacionalmente aceita sobre o que é usabilidade e sua aplicação em vários campos (BEVAN; CARTER; HARKER, 2015). Essa norma definiu usabilidade como “A medida que um produto pode ser usado por usuários específicos para atingir objetivos especificados com

eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico.”.

Para essa definição, a norma explica que o ‘usuário’ é a pessoa que interage com o produto; a ‘eficácia’ é a precisão e completude com que os usuários atingem objetivos específicos, acessando a informação correta ou gerando os resultados esperados; a ‘eficiência’ é a precisão e completude com que os usuários atingem seus objetivos, em relação à quantidade de recursos gastos; a ‘satisfação’ é o conforto e aceitabilidade do produto, o ‘contexto de uso’ está relacionado com usuários, tarefas, equipamentos, ambientes físicos e sociais nos quais o produto é usado.

Portanto, para um sistema ser bem aceito pelos usuários é importante que bons níveis de usabilidade sejam atingidos. Para avaliar a usabilidade e aplicar melhorias nos sistemas decorrentes dessas avaliações, métodos são propostos para guiar os avaliadores ou usuários durante a avaliação, a fim de identificar problemas de usabilidade.

2.2.3 Métodos de Avaliação da Usabilidade

Rocha e Baranauskas (2003) dizem que a avaliação de sistemas tem três grandes propósitos: avaliar a funcionalidade do sistema, avaliar o efeito da interface junto ao usuário e identificar problemas específicos do sistema.

Primeiramente, as funcionalidades devem atender aos requisitos do sistema de modo que o usuário possa executar as tarefas pretendidas, com facilidade e eficiência. A avaliação da interface junto ao usuário é para medir o impacto que essas interfaces têm na interação do usuário com o sistema, avaliando quão fácil é utilizar e aprender a usar o sistema. E o terceiro propósito de avaliação é identificar os problemas, investigando aspectos do sistema que quando usados para sua finalidade possam causar resultados inesperados ou falta de entendimento dos usuários.

Preece, Rogers e Sharp (2002) e Barbosa e Da Silva (2010) classificam os métodos de avaliação como segue:

- a) **Métodos de Observação:** observação envolve assistir e escutar os usuários. Esses métodos permitem ao avaliador analisar as interações dos usuários com o sistema e é possível verificar o que eles fazem, o contexto em que eles fazem, quão bem a tecnologia dá suporte a ele e que outro suporte é preciso. Usuários podem ser observados em laboratórios controlados, em um teste de usabilidade ou no campo (ambientes de uso real). O método escolhido para observar os usuários depende dos objetivos da avaliação e restrições

existentes. Problemas reais são identificados, uma vez que a avaliação está sendo feita observando os usuários reais utilizarem o sistema;

- b) Métodos de Investigação: permite ao avaliador analisar opiniões, expectativas e comportamentos dos usuários relacionados com os sistemas, através de entrevistas, questionários e grupos de foco. São utilizados em etapas iniciais do processo de desenvolvimento;
- c) Métodos de Inspeção: através de inspeções por especialistas, as interfaces e o uso do sistema são inspecionados, a fim de tentar encontrar problemas de usabilidade que os usuários podem vir a ter quando interagir com o sistema. Esses métodos não envolvem diretamente o usuário final e podem ser usados durante todo o processo de desenvolvimento de software.

Os métodos de inspeção como, por exemplo, a Avaliação Heurística, dão a possibilidade ao avaliador de inspecionar as interfaces do sistema, a fim de prever problemas de usabilidade que os usuários poderiam ter ao interagir com o sistema e sugerir melhorias para eliminar os problemas. (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Problemas de usabilidade podem ser definidos como “aspectos da interface do usuário que podem causar uma usabilidade reduzida ao usuário final do sistema.” ou “pode-se dizer que é qualquer aspecto de um design onde uma mudança pode melhorar uma ou mais medidas de usabilidade” (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003). O avaliador pode achar um elemento problemático por diversas razões, como tornar o sistema difícil de entender, tornar lentas as atividades do usuário, causar erros no uso, ou pode achar simplesmente desagradável.

Envolver os usuários em avaliações de usabilidade é a principal forma de avaliar interfaces e certamente a mais tradicional. Porém, há dificuldade e um alto custo para recrutá-los de forma que participem durante toda a fase evolutiva das interfaces. Dessa forma, os métodos de inspeção, costumam ser mais rápidos e ter um custo inferior do que os métodos que envolvem os usuários (BARBOSA; DA SILVA, 2010). De acordo com Bonifácio (2012), por serem métodos baseados em *checklists* e itens de verificações, eles podem ser utilizados em especificações de interfaces, protótipos ou sistemas completos. Por esses fatores, para este trabalho, é utilizado um método de inspeção, a Avaliação Heurística.

2.2.4 Avaliação da usabilidade em sistemas ubíquos

Para avaliar a usabilidade de sistemas, devem ser levados em consideração os aspectos comuns a todos os sistemas computacionais e as características particulares deles. Por exemplo, se um sistema é web, a avaliação da usabilidade deve considerar a facilidade de aprendizado e a satisfação do usuário, mas também aspectos como disponibilidade de rede e tempo de resposta de uma requisição.

Dessa forma, para avaliar os sistemas ubíquos é importante que sejam consideradas suas características, conforme visto na Seção 2.1.2. Poslad (2009) diz que a IHC objetiva que os sistemas ubíquos devem ser projetados para apoiar a interação implícita. Segundo Schmidt (2000) interação implícita “é uma ação executada pelo usuário que não é essencialmente destinada a interagir com um sistema computadorizado, mas que tal ação é compreendida pelo sistema como entrada”. Interfaces mais naturais também devem ser consideradas, como interfaces baseadas em voz, gestos e telas sensíveis ao toque (ABOWD; MYNATT; RODDEN, 2002).

Em Santos *et al.* (2013) foi proposto um modelo de qualidade para apoiar a avaliação da interação humano-computador em sistemas ubíquos. Este modelo consiste em características e subcaracterísticas que tem impacto na qualidade da interação do usuário com esses sistemas. Para identificar tais características foi feita uma extensa revisão da literatura usando um mapeamento sistemático (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), para fornecer uma visão geral dessa área de pesquisa. A partir desse estudo, foram extraídas características específicas de IHC para sistemas ubíquos. O modelo de qualidade proposto por Santos *et al.* (2013) é chamado TRUU (*Trustability, Resource-limitedness, Usability, Ubiquity*) e na Tabela 2 as características e subcaracterísticas são apresentadas.

Além do mapeamento sistemático que gerou o modelo apresentado na Tabela 2, medidas foram propostas para quantificar a avaliação da IHC em sistemas ubíquos. Este artigo se concentrou em medidas relacionadas com a subcaracterística Sensibilidade ao Contexto da característica Ubiquidade. Em Santos (2014), conforme mencionado na seção 2.1.2, foram selecionadas características específicas de IHC para sistemas ubíquos (Sensibilidade ao Contexto, Mobilidade, Transparência, Atenção e Calma) e foram elaboradas medidas para todas elas.

Tabela 2 - Modelo TRUU

MODELO TRUU	
Característica	Subcaracterística
Confiabilidade	Segurança Privacidade Controle Consciência
Restrição de Recursos	Capacidade dos dispositivos Capacidade de rede
Usabilidade	Satisfação Facilidade de uso Eficiência Eficácia Familiaridade
Ubiquidade	Sensibilidade ao contexto Transparência Disponibilidade Atenção Calma

Fonte: Traduzido de Santos *et al.* (2013)

Uma evolução do trabalho citado anteriormente pode ser vista em (CARVALHO *et al.*, 2016), onde o mapeamento sistemático foi aprimorado, ocorrendo em 2 fases:

- a) a primeira fase buscou trabalhos relevantes em bibliotecas digitais utilizando as *strings* de busca definidas durante o planejamento. Após passar por 3 filtros, 32 trabalhos foram selecionados para a extração de dados (características e medidas) e revisão por pares;
- b) para a segunda fase foram utilizados os procedimentos “*backward snowballing*” (verifica a lista de referências dos trabalhos selecionados na primeira fase) e “*forward snowballing*” (verifica os trabalhos que citam os trabalhos selecionados na primeira fase) (WOHLIN, 2014). Mais 9 trabalhos foram encontrados nessa fase. Após isso, foi realizada a extração de dados (características e medidas) e revisão em pares.

Uma das questões de pesquisa do protocolo do mapeamento foi a seguinte: “Quais características de qualidade têm sido propostas para avaliação de IHC em sistemas ubíquos?” Na primeira fase, com a extração dos dados, notou-se que muitas características eram duplicadas com o mesmo nome e significado e também características com o mesmo significado, mas com nomes diferentes. Para consolidar em características únicas, foi

realizada uma análise por revisão em pares e ao final os revisores chegaram a um consenso de 26 características.

Na segunda fase, uma extração de dados similar à primeira foi realizada com os 9 trabalhos identificados, obtendo 52 características de qualidade a serem analisadas por revisão em pares. Dessa vez, essas características foram analisadas em relação às 26 já identificadas na primeira fase. Ao final da segunda fase, uma nova característica foi identificada (Reversibilidade). Dessa forma, esse trabalho contribuiu com um conjunto de 27 características de qualidade para avaliação de IHC em sistemas ubíquos. Esse conjunto será chamado nessa dissertação de “Características de Carvalho *et al.* (2016)” e contribui de forma significativa para este trabalho, uma vez que essas características devem estar contempladas nas heurísticas a serem propostas. Elas são apresentadas no Capítulo 4 (Seção 4.2.1).

Em Kim, Kim e Park (2003), são apresentadas as questões-chave da usabilidade tradicional quando aplicado ao ambiente de computação ubíqua e que novos fatores precisam ser considerados na avaliação das aplicações ubíquas. Relatos de estudos de caso publicados na literatura foram citados com foco sobre os métodos utilizados e as suas conclusões.

Os autores afirmam que muitos métodos de avaliação da usabilidade e estruturas que foram padronizadas e amplamente aceitas em ambiente de computação *desktop* não são adequados para o paradigma de sistemas ubíquos. Os autores citam o método Teste de Usabilidade como essencial para a computação ubíqua, porém ressalta o desafio de que aspectos como invisibilidade e a tecnologia calma precisam ser avaliadas como condição obrigatória da computação ubíqua. Sobre isso, Bezerra *et al.* (2014) observaram que o método Teste de Usabilidade está sendo aplicado em sistemas ubíquos de maneira tradicional, assim como é aplicado em sistemas convencionais, não sendo identificada nenhuma abordagem específica de testes de usabilidade para sistemas ubíquos.

Como os sistemas ubíquos são dependentes do contexto em que se encontram, mudam a forma de como as pessoas interagem com eles. Algumas questões foram identificadas em relação à aplicação de métodos tradicionais de avaliação da usabilidade, em ambiente ubíquo:

- a) o teste de laboratório controlado tradicional não é adequado para aplicação ubíqua, pois o uso no ambiente real é muitas vezes a única forma eficaz de realizar pesquisa empírica profunda para essas aplicações;
- b) a atenção do usuário em um ambiente de computação *desktop* se refere ao foco que o usuário dedica às tarefas executadas e ao uso do sistema em questão. Já em um ambiente ubíquo, onde os princípios de tecnologia calma estão

presentes, a atenção se concentra na atividade cotidiana do usuário e não no sistema;

- c) no ambiente ubíquo, é ampla a quantidade de fatores a serem considerados no processo de avaliação, tais como variáveis contextuais.

O trabalho apresentou ainda, de forma resumida, alguns estudos de caso já realizados sobre avaliação da usabilidade em ambiente ubíquo. A maioria realizou avaliação em ambiente real, usando técnicas de observação. Alguns usaram questionários e pesquisas para qualificar a avaliação. Testes de laboratórios controlados foram usados para medir apenas dados quantitativos. Os testes em ambiente real sugerem que a usabilidade no ambiente ubíquo é essencialmente uma questão de experiência do usuário, e não apenas de eficiência ou a facilidade de uso. Porém, testes no ambiente real são custosos, pois são necessários muitos recursos. Alguns estudos utilizaram a Avaliação Heurística, por ser uma técnica menos custosa. Identificou-se também nos estudos que um equilíbrio entre captação e liberação de atenção do usuário é um dos principais problemas de usabilidade na área de sistemas ubíquos.

Em Bonifácio *et al.* (2012), o estudo revelou oportunidades para pesquisa sobre avaliações utilizando inspeções de usabilidade, que tem como vantagens o baixo custo de aplicação do método, o fato de poder ser utilizado em protótipos de baixa, média e alta fidelidade, ou em sistemas completos. A pesquisa ainda revelou a utilização de métodos-base que foram adaptados para definição das novas propostas de avaliação da usabilidade de sistemas móveis. Dentre os métodos-bases escolhidos pelos trabalhos da pesquisa, as Heurísticas de Nielsen seguem como as mais utilizadas.

Com essa pesquisa sobre avaliação de usabilidade em sistemas ubíquos, observou-se a ausência de trabalhos que relacionam heurísticas de usabilidade e sistemas ubíquos, abrindo uma oportunidade de explorar esse tema.

2.3 Avaliação Heurística e Heurísticas de Usabilidade

2.3.1 Avaliação Heurística

Proposta por Nielsen e Molich (1990), a Avaliação Heurística é um método de inspeção em que avaliadores de usabilidade inspecionam de forma sistemática as interfaces de um sistema para identificar problemas de usabilidade. Os avaliadores são guiados por heurísticas de usabilidade, que descrevem princípios e recomendações de usabilidade para

interfaces e interações (BARBOSA; DA SILVA, 2010).

Para a realização de uma avaliação heurística são recomendados de 3 a 5 avaliadores (NIELSEN; LANDAUER, 1993). Com essa quantidade é possível identificar em torno de 75% a 95% dos problemas, uma vez que cada avaliador pode encontrar em torno de 35% dos problemas. Esses números podem variar de acordo com a experiência de cada avaliador. Um avaliador sem experiência em usabilidade, em geral, identifica 22% dos problemas. Os avaliadores experientes em usabilidade identificam 41%. No entanto, os avaliadores especialistas em usabilidade e em avaliação de interfaces identificam até 60% dos problemas (MORAES; ROSA, 2008).

Barbosa e Da Silva (2010) e Preece *et al.* (2002) recomendam a execução da avaliação em três estágios:

- a) Sessão de Preparação: nesse primeiro estágio são definidas e organizadas as telas que serão avaliadas e o conjunto de heurísticas a ser usada. Em resumo, se diz aos avaliadores o quê e como fazer;
- b) Sessão de Avaliação: é onde cada avaliador passa entre 1 a 2 horas inspecionando o produto individualmente, utilizando as heurísticas com o intuito de identificar se as diretrizes estão sendo seguidas. Os avaliadores devem realizar, no mínimo, duas passagens pelas interfaces: uma para se familiarizar, sentindo o fluxo da interação e outra para examinar os elementos do produto em busca de possíveis problemas de usabilidade. Caso alguma heurística seja violada, então, é considerado um problema potencial de usabilidade. Assim, o avaliador registra o problema informando em qual heurística foi identificado, o local e a gravidade do problema. O registro dos problemas pode ser realizado pelo próprio avaliador no momento em que identificá-los, podem ser gravados ao expressar os problemas em voz alta, ou uma segunda pessoa pode anotar;
- c) Sessão de Resultados: ao final das inspeções, todos os avaliadores se reúnem para discutir os resultados, priorizar os problemas encontrados e sugerir soluções. Barbosa e Da Silva (2010) propõem que seja elaborado um relatório final contendo os objetivos da avaliação, o escopo da avaliação, uma breve descrição do método de avaliação, o conjunto de diretrizes utilizado, o número e o perfil dos avaliadores, lista de problemas encontrados indicando para cada um o local onde ocorre, descrição, diretriz violada, gravidade do problema e sugestão para solução.

Como todo método de avaliação da usabilidade, a Avaliação Heurística tem suas vantagens e desvantagens. Como limitações do método, é possível citar: (i) os avaliadores devem ter conhecimento adequado para inspecionar a interface do sistema, (ii) pode ser difícil de encontrar problemas de usabilidade caso o avaliador não entenda as tarefas executadas pelo sistema, e (iii) os problemas são identificados, mas podem não ser dados direcionamentos sobre como resolvê-los (JASPERS, 2009).

Por outro lado, os benefícios de se utilizar o método são atrativos: (i) baixo custo, se comparado com outros métodos em termos de tempo, número de avaliadores e recursos utilizados, (ii) não requer um planejamento longo, (iii) pode ser aplicado em diversos estágios de desenvolvimento do software (desde protótipos a executáveis), (iv) é possível identificar problemas críticos e menos críticos, e (v) não é necessário envolver usuários finais (SCHOLTZ, 2004).

2.3.2 *Heurísticas de Nielsen*

Jakob Nielsen (1995) publicou 10 heurísticas de usabilidade, chamadas de Heurísticas de Nielsen (HNs). Elas podem ser utilizadas em avaliações heurísticas de qualquer tipo de sistema ou servir como base para elaborar conjuntos de heurísticas que visam avaliar aplicações com características específicas. A seguir, são descritas as 10 HNs:

- HN 1 – Visibilidade do *status* do sistema - o sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de *feedback* apropriado em tempo razoável.
- HN 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real - o sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário. Siga as convenções do mundo real, fazendo com que a informação pareça lógica e natural.
- HN 3 - Controle do usuário e liberdade - o usuário controla o sistema, ele pode, a qualquer momento, abortar uma tarefa, ou desfazer uma operação e retornar ao estado anterior. Estas ações devem estar claramente demarcadas no sistema.
- HN 4 - Consistência e padrões - os usuários não precisam adivinhar que diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Siga sempre as convenções e padrões estabelecidos no sistema.
- HN 5 - Prevenção de erros - ainda melhor do que boas mensagens de erro é um projeto cuidadoso que impede que um problema ocorra. Então, o correto é conhecer as

situações que mais provocam erros e modificar a interface para que estes erros não ocorram.

- HN 6 - Minimizar a sobrecarga de memória do usuário - minimizar a carga de memória do usuário, deixando os objetos, ações e opções visíveis. O sistema deve mostrar os elementos de diálogo e permitir que o usuário faça suas escolhas, sem a necessidade de lembrar um comando específico.

- HN 7 – Flexibilidade e eficiência de uso - atalhos, muitas vezes não são tão importantes para o usuário novato, mas podem frequentemente acelerar a interação para o usuário avançado, de tal forma que o sistema pode servir tanto para usuários inexperientes quanto para os experientes.

- HN 8 – Estética e *design* minimalista - deve-se apresentar exatamente a informação que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos. A sequência da interação e o acesso aos objetos e operações devem ser compatíveis com o modo pelo qual o usuário realiza suas tarefas. Cada unidade extra de informação em um diálogo compete com unidades relevantes de informação.

- HN 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros - mensagens de erro devem ser expressas em linguagem clara (sem códigos), indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução.

- HN 10 - Ajuda e documentação - o ideal é que um software seja tão fácil de usar (intuitivo) que não necessite de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível *on-line*.

As 10 heurísticas de Nielsen são precursoras e genéricas e por isso são amplamente utilizadas. No entanto, essas heurísticas são consideradas pouco específicas para serem aplicadas com sucesso em todos os domínios de software (MORAIS; ROSA, 2008). Elas podem não avaliar determinadas características relativas ao domínio específico, ignorando elementos importantes a serem considerados ao avaliar a usabilidade.

Devido à falta de especificidade das heurísticas de Nielsen, estão sendo desenvolvidos e fornecidos novos conjuntos de heurísticas de usabilidade, utilizando as HNs como base. Essas propostas pretendem resolver as deficiências das HNs adicionando aspectos particulares dos domínios das aplicações, de forma que se identifiquem problemas de usabilidade relacionados também a esses aspectos (JIMENES; LOZADA; ROSAS, 2016).

2.3.3 Outras heurísticas de usabilidade

A avaliação heurística baseia-se em um conjunto de heurísticas de usabilidade. Cada sistema possui características que os diferenciam e para um melhor resultado da avaliação as heurísticas de usabilidade utilizadas devem considerar essas características.

Em Jimenez, Lozada e Rosas (2016), foi realizada uma revisão sistemática (utilizando a base de dados *ScienceDirect*) que identificou 50 artigos mencionando um conjunto específico de heurísticas. Porém, apenas em 9 artigos os autores propõem o seu próprio conjunto de heurísticas de usabilidade.

A maioria dos conjuntos de heurísticas identificados foi desenvolvida por combinação ou adaptação de outros conjuntos existentes e/ou adição de aspectos em relação ao domínio de aplicação específico. Além disso, a análise dos artigos mostrou que nenhuma metodologia ou processo explícito foi utilizado para desenvolver os diferentes conjuntos de heurísticas. Porém, é relevante ressaltar que metodologias e outros conjuntos de heurísticas existentes não foram identificados nesse estudo devido aos limites estabelecidos da revisão, principalmente em relação à base de dados. No entanto, a revisão realizada permitiu concluir que as heurísticas de usabilidade específicas podem fornecer melhores resultados na avaliação de sistemas de software específicos.

Já em Quiñones e Rusu (2017), a revisão sistemática (utilizando as bases de dados *Science Direct*, *ACM*, *IEEE Xplore*, *SpringerLink*, *Scopus* e *Google Scholar*) identificou 68 trabalhos que relatam heurísticas de usabilidade para domínios específicos. Destes, em 17 trabalhos as heurísticas foram criadas baseadas em heurísticas existentes, sendo 8 baseados nas HNs e 9 baseados em vários conjuntos de heurísticas (incluindo as HNs).

Esse estudo identificou que, normalmente, as atividades da maioria dos autores ao criar heurísticas são as seguintes:

- a) coletar informações sobre heurísticas existentes e apontar suas limitações para avaliar a usabilidade de um domínio específico;
- b) explorar informações e características de um domínio específico que deve ser considerado no desenvolvimento das novas heurísticas;
- c) propor o novo conjunto de heurísticas usando modelos diferentes.

Portanto, percebe-se que vários autores criaram novos conjuntos de heurísticas de usabilidade, modificando as heurísticas de Nielsen e/ou adicionando novas heurísticas para avaliar aspectos específicos não cobertos por outras heurísticas (QUIÑONES; RUSU, 2017). Nenhum dos artigos das revisões citadas anteriormente propõe heurísticas de usabilidade para

o domínio de sistemas ubíquos.

2.3.4 Processos para estabelecer heurísticas de usabilidade

Hermawati e Lawson (2016) realizaram uma revisão sistemática da literatura para verificar: (i) os processos utilizados para desenvolver heurísticas de usabilidade, (ii) os métodos utilizados para validar o novo conjunto de heurísticas e (iii) a eficácia do novo conjunto de heurísticas. A revisão mostrou que não há consenso sobre qual processo ou metodologia é mais eficaz para desenvolver um domínio de heurística específico.

Embora os autores tenham realizado uma revisão das diferentes abordagens para desenvolver heurísticas de usabilidade, o principal objetivo da pesquisa foi analisar os métodos utilizados para validar novos conjuntos de heurísticas de usabilidade e a eficácia dos novos conjuntos de heurísticas para detectar problemas de usabilidade.

Já a revisão sistemática de Quiñones e Rusu (2017) pretendeu cobrir todo o processo de desenvolvimento de heurísticas de usabilidade, identificando claramente todas as etapas a serem seguidas para formular, especificar, validar e refinar o novo conjunto de heurísticas. A revisão realizada teve como objetivo identificar: (i) como diferentes estudos desenvolvem heurísticas de usabilidade; e (ii) que abordagens ou metodologias são usadas para sua criação e validação.

Foi possível identificar através do estudo que não há um método definido para o desenvolvimento de heurísticas ou que abordagem seja mais apropriada para estabelecê-las. A maioria dos autores não utiliza uma metodologia formal para desenvolver seu novo conjunto de heurísticas de usabilidade (75% dos estudos), mas eles seguem etapas ou atividades diversas para definir, especificar e validar as heurísticas.

Conforme relatado na subseção anterior, como resultado dessa revisão foram identificados 68 trabalhos que relatam heurísticas de usabilidade para domínios específicos. Destes:

- a) 7 trabalhos relataram uma metodologia para desenvolver heurísticas de usabilidade e apenas 5 deles foram usados para criar heurísticas de usabilidade: (RUSU *et al.*, 2011), (VAN GREUNEN *et al.*, 2011), (HUB; ČAPCOVÁ, 2010), (HEVNER *et al.*, 2004), (FRANKLIN *et al.*, 2014);
- b) 17 trabalhos utilizaram uma metodologia específica para desenvolver as novas heurísticas, onde 13 deles utilizaram o mesmo processo: Rusu *et al.* (2011).

Sendo assim, explica-se em detalhes neste trabalho a metodologia proposta por Rusu *et al.* (2011), que já foi utilizada para estabelecer heurísticas para diferentes tipos de sistemas e dispositivos como, por exemplo, sistemas de realidade virtual (MUÑOZ, BARCELOS, CHALEGRE, 2011), dispositivos *touchscreen* (INOSTROZA *et al.*, 2016), televisão digital interativa (SOLANO *et al.*, 2011), computação em grade (RONCAGLIOLO *et al.*, 2011), simuladores de condução (CAMPOS *et al.*, 2016), aplicações de aprendizado (SANZ *et al.*, 2016). É um processo genérico, com a possibilidade de ser aplicado a qualquer domínio de aplicação, é baseado em características específicas dos sistemas a serem avaliados e sugere como base as heurísticas de Nielsen. Além disso, possui passos onde se avalia e é realizado um refinamento nas heurísticas criadas. Os seus 6 estágios são apresentados a seguir:

- a) Passo 1: Estágio Exploratório - uma pesquisa da bibliografia deve ser feita para coletar assuntos relacionados com os principais tópicos da pesquisa: aplicações específicas, características das aplicações, heurísticas de usabilidade relacionadas (se já houver alguma);
- b) Passo 2: Estágio Descritivo - destacar as características mais importantes das informações coletadas anteriormente, a fim de formalizar os principais conceitos associados com a pesquisa. Reexamina o sentido da usabilidade no contexto das aplicações específicas;
- c) Passo 3: Estágio Correlacional - identificar as características que as heurísticas de usabilidade devem ter para as aplicações específicas, baseada em heurísticas tradicionais e análises de estudos de caso. Se a literatura não fornece nenhuma, as 10 de Nielsen são usadas como base;
- d) Passo 4: Estágio Explicativo - especifica formalmente o conjunto das heurísticas propostas, usando um template padrão. Uma sugestão de modelo é o seguinte:
 - ID, Nome e Definição: identificador, nome e definição da heurística;
 - Explicação: explicação detalhada da heurística, incluindo referências a princípios de usabilidade, problemas típicos de usabilidade e heurísticas de usabilidade propostas por outros autores;
 - Exemplos: Exemplos de violação e de conformidade da heurística;
 - Benefícios: Benefícios de usabilidade esperados, quando a heurística é atendida;

- Problemas: problemas antecipados que pode haver de incompreensão da heurística ao realizar as avaliações;
- e) Passo 5: Estágio de Validação - verificar as novas heurísticas contra as heurísticas tradicionais, através de avaliações heurísticas realizadas em estudos de caso específicos, podendo ser complementados por testes de usuários. A aplicação é avaliada por dois grupos separados de avaliadores, de experiência semelhante, em igualdade de condições. Um grupo usa apenas o conjunto de heurísticas definidas no passo 4, enquanto o segundo grupo usa apenas heurísticas de Nielsen. Problemas de usabilidade encontrados pelos dois grupos são então comparados. Três categorias de problemas são esperadas:
- (P1) problemas identificados por ambos os grupos de avaliadores;
 - (P2) problemas identificados apenas pelo grupo que utilizou o conjunto de heurísticas definidas no passo 4;
 - (P3) problemas identificados apenas pelo grupo que utilizou Heurísticas de Nielsen;
- f) Passo 6: Estágio de Refinamento - baseado no feedback do estágio de validação, as heurísticas definidas no passo 4 são refinadas.

Embora o Passo 5 sugira uma forma de validar as heurísticas criadas, não existe um protocolo definido para a validação das heurísticas (QUIÑONES; RUSU, 2017).

2.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou os conceitos dos temas investigados para elaboração desta dissertação: sistemas ubíquos, avaliação da interação humano-computador e heurísticas de usabilidade.

Sobre os sistemas ubíquos, foram apresentadas definições, exemplos e diferenças entre os sistemas ubíquos, móveis e pervasivos. As características de sistemas ubíquos essenciais para a avaliação da interação humano-computador foram explicadas: sensibilidade ao contexto, transparência, atenção, calma e mobilidade.

Em relação à avaliação da interação humano-computador, inicialmente foram apresentados os conceitos e objetivos da área de IHC, ressaltando seus benefícios e critérios de qualidade de uso. O critério Usabilidade foi destacado, algumas de suas definições foram

explicadas e foram relatados os tipos de métodos utilizados para a sua avaliação. Em seguida, trabalhos com foco em avaliação da usabilidade de sistemas ubíquos foram apresentados, destacando o trabalho de Carvalho *et al.* (2016), que apresenta 27 características para avaliar a interação humano-computador de sistemas ubíquos.

Por fim, foram apresentados os conceitos sobre heurísticas de usabilidade, iniciando com a definição do método de inspeção Avaliação Heurística, o seu processo, os prós e contras de utilizar o método. Em seguida, as heurísticas de Nielsen foram apresentadas, por serem heurísticas de usabilidade genéricas, precursoras e bastante utilizadas. Logo após, é ressaltada a importância de se adaptar/criar outras heurísticas de usabilidade para avaliar aspectos específicos do domínio da aplicação, destacando revisões sistemáticas realizadas sobre o tema. Um levantamento sobre processos para estabelecer novas heurísticas também é apresentado, concluindo com o detalhamento do processo de Rusu *et al.* (2016).

A fundamentação teórica apresentada nesse capítulo é essencial para o desenvolvimento deste trabalho, que tem como objetivo propor heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos. O próximo capítulo apresenta uma investigação em busca de trabalhos relacionados.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Revisões na literatura foram realizadas com o objetivo de encontrar trabalhos relacionados ao objetivo desta dissertação. A primeira pesquisa buscou por trabalhos relacionados à heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos e uma pesquisa complementar foi necessária para identificar trabalhos que avaliam a usabilidade de aplicações móveis e/ou sensíveis ao contexto. A partir dessas pesquisas, identificou-se a necessidade de adaptar e/ou criar heurísticas para avaliar a usabilidade dos sistemas ubíquos.

3.1 Pesquisa 1: Heurísticas de Usabilidade e Sistemas Ubíquos

Em maio de 2015, foi realizada uma revisão na literatura (Pesquisa 1) para identificar os trabalhos relacionados ao objetivo desta dissertação. Embora essa pesquisa não tenha seguido com rigor as etapas de uma revisão sistemática (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), ela utilizou alguns componentes presentes nesta como, questão de pesquisa, strings de busca, definição de bases de dados e critérios de seleção.

A Pesquisa 1 buscou responder a seguinte questão de pesquisa: “Quais trabalhos existentes na literatura utilizam heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos?”. Baseando-se nessa questão, as palavras-chaves a serem pesquisadas foram definidas, levando em conta o objeto investigado (heurísticas), o propósito (avaliar a usabilidade) e o domínio dos sistemas (ubíquos). Outras palavras-chaves foram adicionadas como sinônimos ou alternativas dos termos mencionados. Dessa forma, a seguinte *string* de busca foi definida:

(heuristic) AND (HCI OR “human–computer interaction” OR usability) AND (evaluation OR assessment) AND (ubiquitous OR pervasive)

Como fontes de pesquisa, foram selecionadas bibliotecas digitais relevantes para a ciência da computação: ACM Digital Library¹, IEEE Xplore², Scopus³, Science Direct⁴ e Compendex⁵. Essas fontes têm sido utilizadas em trabalhos que realizam revisões sistemáticas como, por exemplo em (SANTOS *et al.*, 2012), (SANTOS; ANDRADE; SANTOS NETO., 2015) e (CARVALHO *et al.*, 2016).

¹ <http://dl.acm.org/>

² <http://ieeexplore.ieee.org/>

³ <http://www.scopus.com>

⁴ <http://www.sciencedirect.com>

⁵ <http://www.engineeringvillage.com/>

Os critérios estabelecidos para seleção dos trabalhos foram: (i) deve estar disponível na internet; (ii) as palavras chaves devem estar no resumo do trabalho (iii) devem estar escritos no idioma inglês ou português. Não foi definido um período de busca.

De acordo com esse planejamento, a *string* de busca foi aplicada nas bases de dados escolhidas e os resultados foram coletados. No total, 33 trabalhos foram identificados e após um filtro para excluir os trabalhos repetidos, ficaram 19 trabalhos que foram lidos e analisados os seus resumos. Nessa análise, 18 trabalhos foram excluídos por não possuírem heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos. Apenas 1 trabalho foi selecionado por atender ao objetivo da busca (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008) e é apresentado a seguir.

Kemp, Thompson e Johnson (2008) são autores do trabalho intitulado “*Interface Evaluation for Invisibility and Ubiquity - An example from E-learning*”. Este trabalho propõe um framework para avaliação heurística de interfaces de sistemas *e-learning*, como por exemplo, sistemas de ensino à distância. A ênfase desses sistemas deve ser nas seguintes características: invisibilidade, usabilidade, universalidade e utilidade.

Para avaliação heurística de sistemas *e-learning*, um conjunto de heurísticas foi gerado incorporando diretrizes da computação invisível e ubíqua em um contexto educacional. Essas heurísticas foram utilizadas para avaliar a usabilidade de IMMEDIATE, um sistema de ensino que tem como objetivo minimizar a visibilidade do computador para o usuário, a fim de maximizar a visibilidade do conteúdo para o aluno, e por isso é categorizado no trabalho como um sistema web e ubíquo.

O sistema IMMEDIATE prioriza o *design* da interface do aluno para facilitar o aprendizado imediato. Para o desenvolvimento desse sistema foram prioridades: aplicar interfaces intuitivas, esconder o sistema operacional durante o uso, deixar o usuário se sentir no controle, prevenir erros ao invés de se recuperar deles e minimizar a necessidade de ajuda.

Para a elaboração das heurísticas de usabilidade, uma das questões investigadas foi a de como adaptar e ampliar as heurísticas de Nielsen para avaliar invisibilidade e ubiquidade em sistemas *e-learning*. Como o sistema de aprendizagem é web, foram adicionadas inicialmente às heurísticas de Nielsen algumas diretrizes encontradas na literatura para avaliar a usabilidade de sites *web* como, por exemplo, material sempre atualizado, tempo mínimo de *download*, facilidade de uso e material único para o meio *online*.

Após isso, baseado no trabalho de Scholtz e Consolvo (2004), que propôs um framework para avaliação de computação ubíqua, e baseado nas particularidades de sistemas *e-learning*, foram incluídos os seguintes conceitos para criação e adaptação das heurísticas

gerais de Nielsen: atenção (foco), a adoção (flexibilidade), confiança (privacidade), modelos conceituais (previsibilidade do comportamento e da consciência da capacidade da aplicação), a interação (eficácia, transparência) e invisibilidade (controle, personalização).

Uma lista final de 18 heurísticas foi desenvolvida para cobrir todas as questões de interface relevantes. Uma vez criadas as 18 heurísticas, foram elaborados itens de verificação para cada uma delas, a fim de facilitar a inspeção do sistema. Estas questões tentaram ser específicas o suficiente para fornecer um bom *feedback* sobre a usabilidade dos sistemas nas áreas específicas, enquanto continuam sendo geral o suficiente para cobrir qualquer sistema. Por exemplo, os itens associados com a heurística *Focus*, foram:

- a) O sistema requer atenção mínima do usuário sobre a tecnologia?
- b) As diferentes exibições afetam a capacidade do usuário de se concentrar em suas tarefas?
- c) As diferentes exibições afetam a capacidade do usuário em completar suas tarefas?
- d) Os usuários podem completar suas tarefas sem distração do sistema?

Portanto, nesse trabalho foi definido um conjunto de heurísticas de usabilidade (sem utilizar uma metodologia) para avaliar um sistema de aprendizagem considerado ubíquo, adaptando as heurísticas de Nielsen em relação às particularidades desse sistema. Porém, as heurísticas foram elaboradas considerando o domínio de aplicações *e-learning* e baseadas em um sistema *desktop*, não abrangendo, então, características dos sistemas ubíquos definidos nesta dissertação como, por exemplo, mobilidade e sensibilidade ao contexto.

A Pesquisa 1 foi realizada novamente em maio de 2017, garantindo que não há novos trabalhos relacionados a heurísticas de usabilidade aplicadas a sistemas ubíquos, permanecendo válida essa pesquisa.

3.2 Pesquisa 2: Heurísticas de Usabilidade e Sistemas Móveis e/ou Sensíveis ao Contexto

Logo após a conclusão da Pesquisa 1, uma nova revisão na literatura (Pesquisa 2) foi realizada, pois apenas um trabalho havia sido selecionado e este não possuía características de mobilidade e sensibilidade ao contexto, que fazem parte do escopo de sistemas ubíquos definido nesta dissertação, conforme descrito na Seção 2.1.2.

A Pesquisa 2 também não seguiu com rigor as etapas de uma revisão sistemática, mas utilizou os mesmos componentes presentes na Pesquisa 1. Como o objetivo agora é identificar trabalhos com heurísticas de usabilidade para sistemas móveis e/ou sensíveis ao

contexto, a questão a ser respondida foi a seguinte: “Quais trabalhos existentes que utilizam heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas móveis e/ou sensíveis ao contexto?”.

Portanto, as palavras-chaves foram definidas de acordo a nova questão e a *string* de busca foi alterada para:

(heuristic) AND (HCI OR ‘human–computer interaction’ OR usability) AND (evaluation OR assessment) AND (mobile OR context-awareness))

As mesmas fontes de pesquisa e mesmos critérios para seleção dos trabalhos foram utilizados na Pesquisa 2. De acordo com o novo planejamento, a *string* de busca foi aplicada nas bases de dados citadas anteriormente e os resultados foram coletados.

No total, 236 trabalhos foram identificados e após um filtro para excluir os trabalhos repetidos, ficaram 140 trabalhos que tiveram seus resumos lidos. Dessa leitura, 25 trabalhos foram selecionados e analisados por completo, dentre os quais 6 se destacaram por conter heurísticas elaboradas para avaliação da usabilidade de aplicações móveis e/ou sensíveis ao contexto e são apresentados a seguir.

Em **Bertini, Gabrielli e Kimani (2006)**, foi descrita inicialmente uma metodologia para desenvolver heurísticas de usabilidade apropriadas para computação móvel. Os autores desse artigo trabalharam inicialmente analisando trabalhos relacionados à avaliação da interação humano-computador em dispositivos móveis, a fim de encontrar os problemas de usabilidade no uso desses dispositivos. Em seguida, eles analisaram as heurísticas de Nielsen para identificar quais delas eram aplicáveis a dispositivos móveis, quais delas necessitavam de alguma alteração para melhor se adequar às particularidades desses dispositivos e quais delas não se aplicavam. A partir dessa análise e juntamente com a lista de problemas de usabilidade identificados na pesquisa inicial, os pesquisadores elaboraram um conjunto de 8 heurísticas para avaliar a usabilidade de interfaces nos dispositivos móveis.

Em **Machado Neto e Pimentel (2013)**, as heurísticas de Nielsen foram estendidas para gerar heurísticas específicas para a avaliação da usabilidade de interfaces em aplicações de dispositivos móveis. Para a elaboração desse conjunto de heurísticas, a metodologia usada foi por meio de “simulação de uso”. Durante 15 dias foram analisadas 4 aplicações no sistema operacional Android, a fim de identificar problemas de usabilidade e verificar se cada um destes problemas poderiam ser facilmente associado a pelo menos uma das heurísticas de Nielsen. As aplicações móveis avaliadas foram: Facebook, Twitter, Gmail e Foursquare.

Percebeu-se que nem todos os problemas poderiam ser associados com as heurísticas de Nielsen, sendo assim necessária a criação de um conjunto de heurísticas específico para avaliar a usabilidade de interfaces de dispositivos móveis.

Em seguida, os autores categorizaram esses problemas e, com base em resultados relacionados na literatura, foi compilado um conjunto de heurísticas especialmente para a avaliação de interfaces de dispositivos móveis. Posteriormente, foram discutidas as heurísticas para dispositivos móveis em duas sessões de *brainstorming*, realizadas com cinco especialistas, de modo a melhorar as heurísticas.

No final da primeira sessão de *brainstorming*, os especialistas sugeriram analisar cada categoria de problemas e a heurística associada e, em seguida, adicionar instruções sobre os princípios de usabilidade para cada uma delas a fim de enriquecer o seu conteúdo. Esta atividade foi realizada separadamente e os resultados foram discutidos na segunda sessão de *brainstorming*. O resultado foi um conjunto de 11 heurísticas compiladas para avaliar a usabilidade de sistemas móveis, que, em seguida, foi utilizado para avaliar a ferramenta de anotação MoViA.

Em **Inostroza et al. (2012)**, observou-se que métodos tradicionais para avaliar usabilidade não se preocupam com a natureza dos dispositivos *touchscreen*. Então, há a necessidade de novos métodos de avaliação da usabilidade ou pelo menos utilizar métodos já existentes de uma nova maneira. Este trabalho propôs um conjunto específico de heurísticas de usabilidade para dispositivos móveis baseados em *touchscreen*.

Inicialmente, o trabalho relaciona os desafios de avaliar a usabilidade nesses dispositivos, tais como: contexto de uso móvel, tamanho de tela pequena, resolução da tela, processamento, memória e energia limitados, métodos de entrada de dados. Para elaboração do conjunto de heurísticas, foi utilizada a metodologia de Rusu *et al.* (2011). Após seguir os 6 (seis) passos propostos, um conjunto de heurísticas foi elaborado para avaliação da usabilidade de dispositivos móveis baseados em *touchscreen*.

Em **Varsaluoma (2009)**, o trabalho teve como objetivo utilizar cenários de uso escritos durante avaliações heurísticas, de forma que os avaliadores tivessem conhecimento do contexto de uso do dispositivo móvel. Ao se utilizar os cenários de uso escritos, informações contextuais eram fornecidas aos avaliadores e a intenção era reduzir a quantidade de falsos-positivos identificados na avaliação heurística, ou seja, a ideia era identificar apenas problemas que de fato afetariam o usuário final.

Sobre os desafios para avaliação heurística em dispositivos móveis, o autor apresentou fatores que afetam os resultados da Avaliação Heurística, conforme a Tabela 3.

O autor afirma que o principal desafio na avaliação de usabilidade de dispositivos móveis é o seu contexto dinâmico de uso, considerando contextos importantes a localização, identidade, tempo e atividade.

Tabela 3 - Fatores que afetam o resultado da avaliação heurística em dispositivos móveis

Método de avaliação	Características do avaliador	Sistema avaliado e seu contexto
Heurísticas utilizadas	Experiência com usabilidade	Ambiente da avaliação (laboratório ou contexto real)
Número de avaliadores	Experiência com domínio de aplicação	
Cenários	Experiência com as heurísticas utilizadas	
Tempo gasto na avaliação	Conhecimento de contexto de uso	

Fonte: Traduzido de (VARSA LUOMA, 2009)

Para atingir o objetivo desse estudo, os cenários de uso foram usados pela primeira vez em testes de usabilidade com usuários reais e depois por especialistas em usabilidade durante a avaliação heurística de um dispositivo móvel. Os resultados foram comparados para verificar corretamente os problemas previstos e falsos positivos produzidos pelos avaliadores. Para realizar a avaliação heurística, as heurísticas de Nielsen foram utilizadas, porém os resultados não discutem a efetividade dessas heurísticas, apenas discutem os problemas identificados nas avaliações heurísticas em relação aos testes de usabilidade, utilizando 4 cenários de uso.

Em **Moraveji e Soesanto (2012)** foram elaboradas heurísticas para avaliar as interfaces de sistemas em busca de identificar e minimizar os fatores estressantes. Elas foram destinadas a complementar as heurísticas de Nielsen, permitindo que os avaliadores inspecionem os sistemas em duas dimensões: usabilidade e potencial de estresse.

As características apontadas como estressantes foram (LUPIEN, 2007):

- a) sentimentos imprevisíveis, incertos e desconhecidos de uma maneira indesejável;
- b) percepção da perda de controle;
- c) potencial para causar danos ou perdas para si mesmo ou objetos associados, seres vivos ou bens;

- d) julgamento ou ameaça da avaliação social, incluindo à sua identidade ou autoestima.

Por fim, em **Bonifácio et. al. (2012)** foi proposta a técnica UBICUA, uma técnica de inspeção criada para avaliar a usabilidade de sistemas web em dispositivos móveis. Inicialmente, é relatado um mapeamento sistemático realizado sobre avaliação de usabilidade de aplicações web em dispositivos móveis. A maior parte dos trabalhos encontrados utilizam métodos que focam na interação direta dos usuários, por exemplo, testes de usabilidade. Porém, o custo desse tipo de avaliação é alto se comparado a inspeções, dessa forma o estudo revelou oportunidades de pesquisa utilizando inspeções para avaliação da usabilidade, que tem como vantagens o baixo custo de aplicação do método, o fato de poder ser utilizado em protótipos de baixa, média e alta fidelidade, ou em sistemas completos.

A pesquisa ainda revelou a utilização de métodos-base que foram adaptados para definição das novas propostas de avaliação da usabilidade de sistemas móveis. Dentre os métodos-bases escolhidos pelos trabalhos do mapeamento, as heurísticas de Nielsen seguem como as mais utilizadas.

Para a criação da técnica UBICUA foram identificados, através do mapeamento sistemático, fatores de usabilidade referentes ao domínio de aplicação dos sistemas web e móveis. Esses fatores foram relacionados com as heurísticas de Nielsen, em que, para cada uma delas, foram listados itens que apontam o que deve ser avaliado em relação a determinado fator de usabilidade. Um exemplo pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Amostra de item de verificação de acordo com cada fator



Fonte: (BONIFÁCIO et al., 2012).

A Tabela 4 compara os trabalhos relacionados, ilustrando aqueles que possuem heurísticas de usabilidade e quais apresentam as características de sistemas ubíquos

consideradas neste trabalho. O trabalho de (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008) corresponde à Pesquisa 1, os demais correspondem à Pesquisa 2.

Tabela 4 - Comparação dos trabalhos relacionados obtidos nas Pesquisas 1 e 2

Referência	Heurísticas de usabilidade	Sistemas Ubíquos				
		Sensibilidade ao contexto	Calma	Transparência	Atenção	Mobilidade
(KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008)	X		X	X	X	
(BERTINI; GABRIELLI; KIMANI, 2006)	X	X				X
(MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013)	X	X				X
(INOSTROZA <i>et al.</i> , 2013)	X	X				X
(VARSALUOMA, 2009)		X				X
(MORAVEJI; SOESANTO, 2012)	X		X		X	X
(BONIFÁCIO <i>et al.</i> , 2012)		X				X

Fonte: elaborada pelo autor.

Dessa forma, é possível observar que as pesquisas não identificaram heurísticas de usabilidade que atendessem a todas as características de sistemas ubíquos, foco dessa dissertação.

3.3 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentadas duas pesquisas da literatura em busca de trabalhos relacionados com esta dissertação, que embora não tenha ocorrido com o rigor de uma revisão sistemática, aplicou alguns princípios da mesma.

A primeira pesquisa foi realizada para identificar trabalhos relacionados à heurísticas de usabilidade em sistemas ubíquos, porém apenas um trabalho foi selecionado como relevante para o tema e ainda assim não se aplicava completamente a definição de sistemas ubíquos e sim ao domínio de sistemas *e-learning*.

Por conta do resultado dessa pesquisa, foi decidido realizar uma segunda pesquisa em busca de trabalhos relacionados à heurísticas de usabilidade e sistemas móveis e/ou sensíveis ao contexto, de forma a identificar novos trabalhos relacionados ao tema. Como resultado da segunda pesquisa, 6 (seis) trabalhos foram selecionados como relevantes e um breve resumo deles foi apresentado.

Por fim, foi possível observar que as pesquisas selecionadas não apresentaram um conjunto de heurísticas de usabilidade que abrangesse todas as características específicas de sistemas ubíquos.

Levando em consideração as lacunas da literatura levantadas neste capítulo, o Capítulo 4 apresenta a elaboração de uma versão inicial das heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos, chamadas, nesta primeira versão de HUBis’.

4 ELABORAÇÃO DAS HUBIS: VERSÃO INICIAL

Este capítulo apresenta o processo que foi utilizado para a criação das heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos, denominadas de HUBis. O processo escolhido é composto de 6 (seis) estágios e a execução dos 4 (quatro) primeiros é descrita durante esse capítulo. No quarto estágio, o Estágio Explicativo, uma primeira versão das HUBis é apresentada.

4.1 Processo de Adaptação/Criação das HUBis

No Capítulo 3 foi apresentada uma pesquisa para identificar trabalhos relacionados a heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas móveis e/ou sensíveis ao contexto (Seção 3.2). Durante essa pesquisa, foram identificados trabalhos que utilizavam processos para elaborar heurísticas. Embora esses processos tenham sido aplicados nesses trabalhos para sistemas móveis e/ou sensíveis ao contexto, percebeu-se que eles podiam ser aplicados para quaisquer domínios, inclusive para sistemas ubíquos.

Esses processos foram analisados para definir como as HUBis podiam ser criadas. Durante a investigação, verificaram-se critérios que atendessem ao objetivo e à metodologia de trabalho desta dissertação, apresentados no Capítulo 1. Dessa forma, foi analisado se o processo:

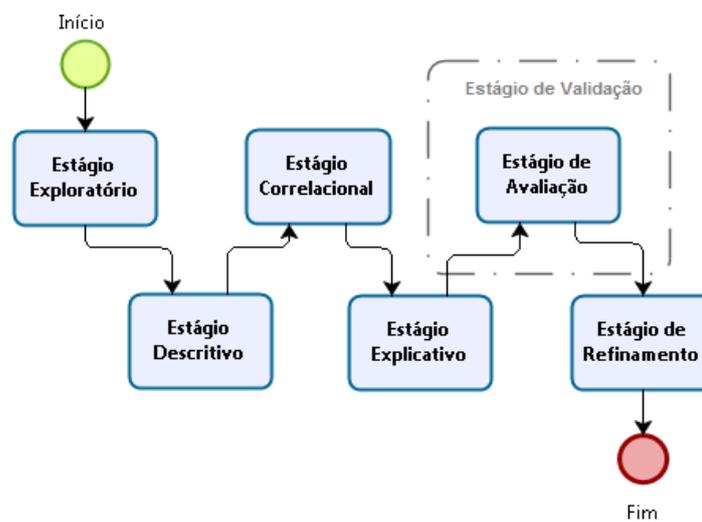
- a) pode ser aplicado a sistemas ubíquos;
- b) inclui pesquisa bibliográfica sobre os temas envolvidos;
- c) utiliza características específicas dos sistemas que impactam na qualidade da interação humano-computador;
- d) utiliza as heurísticas de Nielsen como base;
- e) realiza a avaliação das heurísticas propostas;
- f) realiza melhorias nas heurísticas de acordo com os resultados das avaliações.

Com esse estudo, identificou-se que uma metodologia proposta por Rusu *et al.* (2011), atende aos critérios citados, justificando assim sua escolha. Na Seção 2.3.4, os 6 (seis) passos de Rusu *et al.* (2011) são apresentados.

Para adaptar/criar as HUBis buscou-se então seguir as recomendações propostas por Rusu *et al.* (2011), adequando-as aos sistemas ubíquos. Apenas em um dos estágios da metodologia escolhida, Estágio de Validação (Passo 5), houve alterações significativas na forma de realizar a validação. Originalmente, neste estágio, são comparadas as novas

heurísticas contra heurísticas já existentes como, por exemplo, as heurísticas de Nielsen, realizando estudos de caso. Porém, para esta dissertação, o foco da avaliação não é comparar as heurísticas propostas. Ao invés disso, o uso das HUBis é observado por meio de um estudo empírico e questionários são aplicados com especialistas. Essa alteração foi necessária por limitações de tempo dos avaliadores do estudo empírico. Portanto, para o processo de definição das HUBis, ilustrado na Figura 5, esse estágio é chamado de “Estágio de Avaliação”.

Figura 5 - Visão geral do processo baseado em Rusu et al. (2011)



Fonte: elaborada pelo autor.

A seguir são apresentados os estágios do processo, baseado em Rusu *et al.* (2011), com o objetivo de definir as HUBis.

- a) Estágio Exploratório – uma pesquisa da bibliografia é realizada para coletar assuntos e trabalhos relacionados com os principais tópicos da pesquisa, como por exemplo, heurísticas de usabilidade e sistemas ubíquos;
- b) Estágio Descritivo – a partir dos trabalhos identificados são extraídas as características que tem impacto na avaliação de usabilidade de sistemas ubíquos;
- c) Estágio Correlacional - é realizado um filtro nas informações coletadas no Estágio Descritivo e são selecionadas as características que as HUBis devem possuir;

- d) Estágio Explicativo – baseada nas características selecionadas no Estágio Correlacional e nas heurísticas de Nielsen, a versão inicial das HUBis é especificada, apontando as características presentes em cada uma delas;
- e) Estágio de Avaliação – as heurísticas propostas são avaliadas através de um estudo empírico inicial, onde se observa o uso delas no método Avaliação Heurística. Além disso, um questionário é aplicado com especialistas para avaliar as heurísticas e seu processo de adaptação/criação;
- f) Estágio de Refinamento - baseado nos resultados do Estágio de Avaliação, as heurísticas definidas são refinadas e um guia é apresentado indicando como as HUBis devem ser utilizadas.

4.2 Adaptação e criação da versão inicial das HUBis

4.2.1 Estágio Exploratório

Esse estágio foi executado durante a tarefa “Revisão Bibliográfica” da metodologia de trabalho desta dissertação, o que pode ser percebido através dos estudos da fundamentação teórica e dos trabalhos relacionados, presentes nos Capítulos 2 e 3, respectivamente.

O primeiro trabalho selecionado para esse estágio foi o de Carvalho *et al.* (2016), apresentado com mais detalhes na Seção 2.2.4, onde foi realizado um mapeamento sistemático em que um dos objetivos era identificar características de qualidade para avaliação da IHC em sistemas ubíquos. O trabalho identificou 27 características, chamadas de “Características de Carvalho *et al.* (2016)”.

Como as Características de Carvalho *et al.* (2016) impactam na avaliação da IHC de sistemas ubíquos, elas devem estar presentes nas HUBis, uma vez que as HUBis objetivam avaliar a usabilidade dos sistemas ubíquos. Essas características podem ser observadas na Tabela 5.

Além de Carvalho *et al.* (2016), os trabalhos relacionados a esta dissertação (apresentados no Capítulo 3), também precisaram ser analisados nesse estágio, uma vez que a realização das revisões bibliográficas realizadas nesta dissertação considera trabalhos em português (caso o *abstract* esteja em inglês) e diferentes palavras-chaves nas *strings* de busca como, por exemplo, “*heuristic*”, aspectos que não são considerados por Carvalho *et al.* (2016).

Tabela 5 - Características de qualidade para avaliação de IHC de sistemas ubíquos extraídas de (CARVALHO et al., 2016)

Características de Carvalho et al. (2016)		
Aceitabilidade	Eficiência	Reversibilidade
Atenção	Escalabilidade	Robustez
Capacidade do Dispositivo	Facilidade de uso	Satisfação do Usuário
Capacidade da rede	Familiaridade	Segurança
Calma	Interconectividade	Sensibilidade ao contexto
Confiabilidade	Mobilidade	Simplicidade
Confiança	Previsibilidade	Transparência
Disponibilidade	Privacidade	Usabilidade
Eficácia	Proteção	Utilidade

Fonte: elaborada pelo autor.

A primeira pesquisa dos trabalhos relacionados, apresentada na Seção 3.1, foi realizada a fim de identificar trabalhos que utilizam heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos, e dessa forma encontrar heurísticas e características relacionadas ao tópico de pesquisa. Com essa pesquisa, foi encontrado apenas um trabalho que descreve heurísticas para sistemas ubíquos (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008). Apesar das heurísticas propostas serem específicas para o domínio de sistemas de aprendizagem *desktop*, elas possuem características importantes a serem consideradas no âmbito da avaliação da usabilidade de sistemas ubíquos como, por exemplo, foco e invisibilidade. Dessa forma, esse trabalho é selecionado para ser analisado no próximo estágio do processo.

Como apenas um trabalho foi identificado na primeira pesquisa, uma segunda pesquisa foi necessária, apresentada na Seção 3.2, para identificar outras heurísticas de usabilidade relacionadas com o tema. Dessa vez, a pesquisa teve como objetivo identificar o uso de heurísticas em sistemas móveis e/ou sensíveis ao contexto, que são características do escopo de sistemas ubíquos desta dissertação. Nessa pesquisa, foram selecionados 6 (seis) novos trabalhos que possuem heurísticas de usabilidade ou assuntos relacionados aos tópicos de pesquisa para análise e extração de características.

Portanto, além de (CARVALHO et al., 2016) e (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008) mais 6 (seis) trabalhos foram selecionados para serem analisados no próximo estágio do processo. São eles: (BERTINI; GABRIELLI; KIMANI, 2006), (VARSAUOMA, 2009), (BONIFÁCIO et al., 2012), (MORAVEJI; SOESANTO, 2012), (INOSTROZA et al., 2013), (MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013).

4.2.2 *Estágio Descritivo*

No Estágio Descritivo, a partir de uma leitura sistemática dos trabalhos selecionados no Estágio Exploratório, são extraídas características e aspectos relacionados à avaliação da usabilidade em sistemas ubíquos, que devem estar presentes nas HUBis.

Conforme dito na subseção anterior, as 27 Características de Carvalho *et al.* (2016), devem ser utilizadas para a adaptação e criação das HUBis, pois elas representam aspectos que influenciam a usabilidade dos sistemas ubíquos. Porém, dos outros 7 (sete) trabalhos selecionados, apenas Kemp, Thompson e Johnson (2008) está presente no mapeamento sistemático realizado por Carvalho *et al.* (2016). Então, os 7 (sete) trabalhos foram analisados para verificar se há alguma característica nova ainda não presente nas Características de Carvalho *et al.* (2016).

Foi realizada a leitura de forma sistemática de cada um dos 7 (sete) trabalhos para se extrair características desejáveis a estarem presentes nas HUBis. O foco da leitura foi nas heurísticas de usabilidade, mas aspectos importantes no restante do texto também eram considerados.

Um exemplo de extração pode ser visto em (BERTINI; GABRIELLI; KIMANI, 2006), onde uma das heurísticas diz que:

“Heurística 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real: permite que o usuário móvel interprete corretamente as informações fornecidas, fazendo com que ele apareça em uma ordem natural e lógica; **Sempre que possível, o sistema deve ter a capacidade de sentir o seu ambiente e adaptar as interfaces em conformidade com as informações.**”

O trecho em negrito corresponde a aspectos de usabilidade para sistemas ubíquos, e desse trecho foram extraídas as características: Aspectos de contexto e Adaptação das interfaces.

Essa análise extraiu 62 características, como resultado do Estágio Descritivo, que são apresentadas e analisadas em relação a seus significados e sinônimos no próximo estágio.

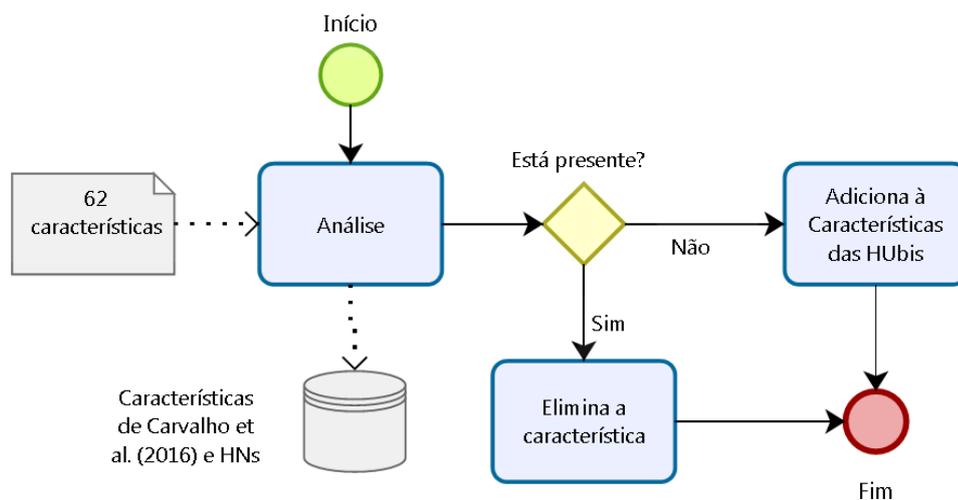
4.2.3 Estágio Correlacional

Para esse estágio, as 62 novas características identificadas no estágio descritivo são analisadas para se chegar ao conjunto final das características que as HUBis devem possuir.

Para essa análise, as Características de Carvalho *et al.* (2016) e as heurísticas de Nielsen são selecionadas como base. Conforme justificado anteriormente, as Características de Carvalho *et al.* (2016) possui 27 características que devem estar presentes nas HUBis. Já as HNs são genéricas e são bastante utilizadas para adaptação de heurísticas para domínios específicos (JIMENES; LOZADA; ROSAS, 2016).

Dessa forma, cada uma das 62 características é analisada para verificar se ela já está presente em alguma dessas bases. Estar presente significa ser sinônimo ou estar incluída nas definições das bases. Se já estiver presente, ela é eliminada por já estar previamente selecionada. Se não, ela é adicionada à lista das características que devem estar presentes nas HUBis, nomeada de “Características das HUBis”. Nessa lista já estão presentes as 27 Características de Carvalho *et al.* (2016) e com a análise pretende-se verificar se há novas características a serem adicionadas. A Figura 6 ilustra o processo aplicado a cada uma das características.

Figura 6 - Processo de análise das características



Fonte: elaborada pelo autor.

A Tabela 6 apresenta na primeira coluna o nome do trabalho selecionado, na segunda coluna são descritas as características extraídas dos trabalhos e na terceira coluna é

dito se: a característica já faz parte das Características de Carvalho *et al.* (2016) (CC); se a característica está presente em alguma heurística de Nielsen (HN); ou se ela não está presente em nenhuma das bases e por isso será adicionada às “Características das HUBis” ao conjunto final de características, por não ter sido identificada ainda em nenhuma das opções anteriores.

Essa correlação é realizada caso as características sejam sinônimos ou estejam incluídas nas bases. Por exemplo:

- a) Em (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008), a característica Visibilidade do status do sistema diz que: “O sistema deve sempre manter o usuário informado sobre o que está acontecendo através de feedback adequado dentro de um prazo razoável.”, que corresponde a HN 1 - Visibilidade do status do sistema, que define os mesmos princípios.
- b) Em (MORAVEJI; SOESANTO, 2012), foram extraídas as características “Reduzir a sensação de estar sobrecarregado”, “Aliviar a pressão do tempo nas interações” e “Escolha de elementos naturalmente calmos”, onde nas Características de Carvalho *et al.* (2016) correspondem à característica Calma: “Habilidade do sistema de prevenir os usuários de se sentirem sobrecarregados por informações.”.

Tabela 6 – Trabalhos analisados, características extraídas e correlação

Trabalho	Característica	Associada a
Kemp, Thompson e Johnson (2008)	Visibilidade do status do sistema	HN 1
	Relação sistema x mundo real	HN 2
	Controle do usuário e liberdade	HN 3
	Consistência e padrões	HN 4
	Prevenção de erros	HN 5
	Reconhecimento ao invés de lembranças	HN 6
	Flexibilidade e eficiência de uso	HN 7
	Estética e design minimalista	HN 8
	Ajuda e documentação	HN 10
	<i>Timeliness</i>	Eficiência (CC)
	Facilidade de uso	Facilidade de uso (CC)
	Foco	Atenção (CC)
	Familiaridade	Familiaridade (CC)
	Invisibilidade	Transparência (CC)
	Eficácia	Eficácia (CC)
	Confiança	Confiança (CC)

Tabela 6 – Trabalhos analisados, características extraídas e correlação (Continuação)

Trabalho	Característica	Associada a
Bonifácio (2012)	Mobilidade	Mobilidade (CC)
	Informações em qualquer lugar e a qualquer momento	Sensibilidade ao contexto (CC)
	Contexto dinâmico de uso	Sensibilidade ao contexto (CC)
	Limitações da comunicação sem fio	Capacidade da rede (CC)
	Características dos dispositivos	Capacidade do dispositivo (CC)
	Canal de comunicação	Capacidade da rede (CC)
	Presteza	Eficácia (CC)
	Segurança e integridade dos dados	Segurança (CC)
Inostroza (2013)	Tempo de carregamento de informações	Eficiência (CC)
	Características de dispositivos móveis	Capacidade do dispositivo (CC)
	Flexibilidade	-
	Eficiência de uso	Eficiência (CC)
	Contexto de uso móvel	Sensibilidade ao contexto (CC)
	Resolução de tela	Capacidade do dispositivo (CC)
Machado Neto e Pimentel (2013)	Métodos de entrada de dados adequando para a interação	-
	Uso do espaço de tela	Capacidade do dispositivo (CC)
	Consistência da interface	HN 4
	Padrão da interface	HN 4
	Visualização da informação apresentada	-
	Posicionamento dos componentes da interface	-
	Mensagens claras e objetivas	HN 8
	Linguagem do Usuário	HN 2
	Prevenção de erro	HN 5
	Recuperação do estado anterior do sistema	HN 3
	Facilidade de entrada de dados	Facilidade de uso (CC)
	Facilidade de acesso a funcionalidade	Facilidade de uso (CC)
	Visibilidade das possíveis interações	Previsibilidade (CC)
	Feedback facilmente interpretado e com escopo local	HN 1
	Ajuda e documentação	HN 10
Minimizar carga de memória do usuário	HN 6	
Personalização	HN 7	

Tabela 6 – Trabalhos analisados, características extraídas e correlação (Continuação)

Trabalho	Característica	Associada a
	Aspectos de contexto	Sensibilidade ao contexto (CC)
Bertini, Gabrielli e Kimani (2006)	Adaptação das interfaces	-
	Facilidade na entrada de dados	Facilidade de uso (CC)
	Eficiência de uso	Eficiência (CC)
	Privacidade e respeito a convenções sociais	Privacidade (CC)
	Gerenciar erros	HN 5, HN 9
	Reduzir a sensação de estar sobrecarregado	Calma (CC)
	Use tom e emoção apropriada	HN 8
	Fornecer feedback para entradas do usuário e eventos	HN 1
Moraveji e Soesanto (2012)	Aliviar a pressão do tempo nas interações	Calma (CC)
	Escolha de elementos naturalmente calmos	Calma (CC)
	Reconhecer ações que o usuário gostaria de fazer e deixar disponíveis	Previsibilidade (CC)
	Interface clara para mínima necessidade de ajuda.	HN 10
Varsaluoma (2009)	Contexto de uso	Sensibilidade ao contexto (CC)
	Mobilidade	Mobilidade (CC)

Fonte: elaborada pelo autor.

Ao fim da análise, 32 características foram selecionadas (27 das Características de Carvalho *et al.* (2016) + 5 novas) para compor a lista “Características das HUBis”, conforme apresentado na Tabela 7. As características Adaptação (BERTINI; GABRIELLI; KIMANI, 2006), Entrada de Dados (INOSTROZA *et al.*, 2013), Flexibilidade (INOSTROZA *et al.*, 2013), Posicionamento dos componentes (MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013) e Visualização das informações (MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013) foram as novas características identificadas, as outras 27 são as Características de Carvalho *et al.* (2016). A definição de cada uma das 32 características está presente no Apêndice G.

Com base na lista “Características das HUBis” e nas 10 heurísticas de Nielsen, as HUBis são definidas, conforme descrito no próximo estágio.

Tabela 7 – Características a estarem presentes nas HUBis

Características das HUBis		
Aceitabilidade	Entrada de Dados	Reversibilidade
Adaptação	Escalabilidade	Robustez
Atenção	Facilidade de uso	Satisfação do Usuário
Capacidade do Dispositivo	Familiaridade	Segurança
Capacidade da rede	Flexibilidade	Sensibilidade ao contexto
Calma	Interconectividade	Simplicidade
Confiabilidade	Mobilidade	Transparência
Confiança	Posicionamento dos componentes	Usabilidade
Disponibilidade	Previsibilidade	Utilidade
Eficácia	Privacidade	Visualização das informações
Eficiência	Proteção	

Fonte: elaborada pelo autor.

4.2.4 Estágio Explicativo

Inicialmente, as 10 heurísticas de Nielsen são tomadas como base e a descrição de cada uma delas é analisada para verificar de que forma ela permanece no conjunto das HUBis’ (o apóstrofo significa que é a versão inicial das HUBis), ou se ela não permanece.

Para essa análise, as seguintes ações foram definidas: (i) Eliminação, no qual a HN é removida por não se aplicar a sistemas ubíquos; (ii) Junção, no qual duas ou mais HNs são unidas por abordarem um mesmo assunto em sistemas ubíquos; (iii) Adaptação, no qual a HN é adaptada para se adequar aos sistemas ubíquos. Ainda durante essa análise, cada característica presente na lista “Características das HUBis” é também analisada para identificar a qual dessas heurísticas ela está associada.

Para a ação de Eliminação foi analisado que apenas a “HN 6 - Minimizar a sobrecarga de memória do usuário” não se aplicava a sistemas ubíquos. Ela diz que os sistemas devem “minimizar a carga de memória do usuário, deixando os **objetos, ações e opções visíveis**. O sistema deve **mostrar os elementos de diálogo** e permitir que o **usuário faça suas escolhas**, sem a necessidade de lembrar um comando específico.”.

Como os sistemas ubíquos prezam pela adaptação ao contexto de forma transparente para o usuário, considerou-se que os objetos, ações, opções e os elementos do diálogo não precisam estar visíveis para o usuário tomar sua decisão, quem faz a escolha é o próprio sistema dependendo do contexto.

Para a ação de Junção, é realizada a união das “HN 1 – Visibilidade do *status* do sistema”, “HN 8 – Estética e *design* minimalista” e “HN 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros” e transformada na HUBis’ 1 - Comunicação calma.

Inicialmente, foi realizada a leitura da HN 1 para verificar sua aplicação a sistemas ubíquos, ela diz que:

“**HN 1 – Visibilidade do *status* do sistema** - o sistema deve **sempre** manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através **de *feedback* apropriado** em tempo razoável.”.

Para sistemas ubíquos, informar sempre aos usuários o que está acontecendo pode incomodá-los e atrapalhá-los em suas atividades cotidianas. Dessa forma, para os sistemas ubíquos é preciso garantir que essa comunicação com usuários aconteça prezando a característica de Calma, então inicialmente foi idealizada uma adaptação na descrição dessa heurística.

Porém, com a leitura das HN 8 e HN 9, foram identificados fatores relacionados à comunicação e à forma como as informações são apresentadas para o usuário. Em HN 8 é dito que:

“**HN 8 – Estética e *design* minimalista** - deve-se apresentar exatamente a **informação que o usuário precisa no momento**, nem mais nem menos. A sequência da interação e o **acesso aos objetos e operações** devem ser compatíveis com o modo pelo qual o usuário realiza suas tarefas. Cada **unidade extra de informação** em um diálogo **compete com unidades relevantes de informação**.”.

Já em HN 9 é dito que:

“**HN 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros - mensagens de erro** devem ser expressas **em linguagem clara** (sem códigos), indicar com precisão **o problema** e construtivamente **sugerir uma solução**.”.

Dessa forma, optou-se por unir essas três heurísticas de Nielsen em uma só chamada de HUBis’ 1 - Comunicação calma, que diz:

“**HUBis’ 1 - Comunicação calma** - O sistema deve informar aos usuários sobre o que está acontecendo somente quando necessário ou quando solicitado, de forma que não atrapalhe o usuário em sua atividade corrente. Ele deve apresentar a informação exata que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos. A comunicação deve ser clara, objetiva e breve, usando tom, emoção apropriada e elementos naturalmente calmos. Caso se trate de uma mensagem de erro, deve se indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução.”

Para essa HUBis, foram associadas as características Calma, Eficácia, Atenção, Utilidade e Simplicidade, que de acordo com suas definições estão presentes na descrição da HUBis' 1. Entretanto, é visto no Capítulo 5 que os especialistas não compreenderam ou concordaram com essa junção, porém para a versão inicial das heurísticas (HUBis') essa heurística foi apresentada e avaliada dessa forma.

As outras heurísticas de Nielsen (HN 2, HN 3, HN 4, HN 5, HN 7 e HN 10) foram mantidas e passaram pela ação de Adaptação. Por exemplo, a “HN 7 – Flexibilidade e eficiência de uso” diz que:

“**HN 7 – Flexibilidade e eficiência de uso** - atalhos, muitas vezes não são tão importantes para o usuário novato, mas podem frequentemente acelerar a interação para o usuário avançado, de tal forma que o sistema pode servir tanto para usuários inexperientes quanto para os experientes.”.

Realizando a leitura das definições das características, foi identificada que a Flexibilidade apresenta conceitos pertinentes a essa heurística, em que trata as configurações para facilitar o uso tanto para usuários novatos como experientes. (INOSTROZA, *et al.*, 2013).

Dessa forma essa heurística foi adaptada, incluídos aspectos de Flexibilidade e transformada em:

“**HUBis' 6 - Personalização** - A aplicação deve dar a possibilidade ao usuário de **personalizar configurações** de acordo com suas necessidades e **experiências**.”.

Com essa etapa concluída, 7 HUBis (HUBis' 1..7) foram definidas e características a elas foram associadas. Entretanto, 16 das “Características das HUBis” não foram contempladas por essa análise das HNs (adaptação, capacidade do dispositivo, capacidade da rede, confiabilidade, disponibilidade, eficiência, entrada de dados, interconectividade, mobilidade, previsibilidade, privacidade, proteção, robustez, segurança, sensibilidade ao contexto e transparência) e, portanto, novas heurísticas foram criadas. As partir das definições dessas características, elas foram agrupadas de forma que cada grupo continham características que tratavam assuntos semelhantes (seis grupos). Para cada um desses grupos foi criada a descrição de uma nova heurística, relacionada às definições das características presentes.

Por exemplo, as características Transparência e Previsibilidade ficaram em um mesmo grupo. Suas definições (CARVALHO *et al.*, 2016) dizem que:

“**Previsibilidade** - Habilidade de, a partir de experiências passadas, prever o resultado da execução do sistema.”

“**Transparência** - Habilidade do sistema de esconder componentes computacionais e, assim, os usuários podem não estar cientes dos mesmos. Além disso, a interação é executada através de interfaces naturais.”

A partir desses conceitos a HUBis’ 11 –Invisibilidade e Transparência” foi criada, com a seguinte descrição:

“**HUBis’ 11 - Invisibilidade e Transparência** - O sistema deve ser capaz de esconder componentes computacionais para que os usuários não se preocupem com eles. As interações devem acontecer através de interfaces naturais.”

Já as características Entrada e Dados e Robustez ficaram em outro grupo e são definidas como:

“**Entrada de Dados** - Verifica se as diferentes formas de fornecer entrada de dados ao sistema são agradáveis ao usuário.”

“**Robustez** - Grau com que um sistema ou componente pode funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.”

Aplicando os conceitos dessas características, a “HUBis’ 13 - Sensores e entradas de dados” foi criada:

“**HUBis’ 13 - Sensores e entradas de dados** - Deve ser verificado se a entrada de dados, seja dada pelo usuário ou captada através de sensores, está sendo eficaz e acontecendo de forma natural para o usuário. A aplicação deve funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.”

O resultado da execução desse estágio é um conjunto inicial de 13 HUBis, onde as heurísticas de 1 a 7 (HUBis’ 1...7) representam as heurísticas que foram criadas a partir da análise das heurísticas de Nielsen e as heurísticas de 8 a 13 (HUBis’ 8...13) foram criadas a partir das características que não foram contempladas pela primeira análise.

A versão inicial das HUBis (HUBis’), as características e associações com as HNs são descritos a seguir.

- HUBis’ 1 - Comunicação calma - O sistema deve informar aos usuários sobre o que está acontecendo somente quando necessário ou quando solicitado, de forma que não atrapalhe o usuário em sua atividade corrente. Ele deve apresentar a informação exata que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos. A comunicação deve ser clara, objetiva e breve, usando tom, emoção apropriada e elementos naturalmente calmos. Caso se trate de uma mensagem de erro, deve se indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução.

– Característica(s): Calma, Eficácia, Atenção, Utilidade, Simplicidade.

– HNs: HN 1 – Visibilidade do status do sistema, HN 8 – Estética e design minimalista, HN 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erro.

- HUBis’ 2 - Correspondência entre a aplicação e o mundo real - O sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário e de modo a passar confiança. As convenções do mundo real devem ser seguidas, fazendo com que a informação pareça lógica e natural.

– Característica(s): Familiaridade, Confiança, **Visualização das Informações, Posicionamento dos Componentes.**

– HN: HN 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real

- HUBis’ 3 - Liberdade do usuário - O usuário não deve se sentir pressionado a realizar qualquer tarefa, ele tem que ter a opção de interagir ou não com a aplicação. Quando a aplicação interagir com o usuário em um determinado contexto, o usuário não deve se sentir obrigado a responder à interação e deve ter a opção de ignorá-la. O usuário não pode se sentir controlado nem sobrecarregado pela aplicação, para que o usuário não o abandone.

– Característica(s): Calma, Aceitabilidade, Satisfação do Usuário, Reversibilidade.

– HN: HN 3 - Controle do usuário e liberdade

- HUBis’ 4 - Consistência e padrões - As interfaces da aplicação, as formas de interagir ou de se adaptar ao contexto, devem ser consistentes e seguir um padrão para facilitar o uso do sistema pelo usuário.

– Característica(s): Facilidade de Uso.

– HN: HN 4 - Consistência e padrões

- HUBis’ 5 - Prevenção de erros - É preciso conhecer as situações que mais provocam erros e modificar as interfaces e interações para que estes erros não ocorram. Além disso, a aplicação deve ser capaz de manter suas funcionalidades quando utilizada em condições adversas.

– Característica(s): Confiabilidade e Escalabilidade.

– HN: HN 5 - Prevenção de erros

- HUBis’ 6 - Personalização - A aplicação deve dar a possibilidade ao usuário de personalizar configurações de acordo com suas necessidades e experiências.

– Característica(s): **Flexibilidade.**

- HUBis’ 7 - Mínima necessidade de ajuda e documentação - o ideal é que a aplicação seja tão fácil de usar (intuitiva) que não necessite de ajuda ou documentação. Se for

necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível, centrada na atividade atual do usuário. As orientações para a ajuda devem ser objetivas e não muito grandes.

- Característica(s): Usabilidade e Facilidade de Uso.

- HN: HN 10 - Ajuda e documentação

- HUBis' 8 - Esforço mínimo - A aplicação deve atingir facilmente o objetivo pretendido. Utilizando de forma eficiente o esforço e recursos necessários.

- Característica(s): Eficiência, Facilidade de Uso, Satisfação do Usuário.

- HUBis' 9 - Mobilidade e dispositivos móveis - Aplicações ubíquas devem se adequar ao deslocamento físico do usuário e às limitações dos dispositivos móveis. Aspectos como, conexão sem fio, conexão entre dispositivos, tela pequena, capacidades de hardware e de memória limitadas e capacidade de energia limitada são fatores que a aplicação precisa contornar e ser natural para o usuário, sem causar transtornos.

- Característica(s): Capacidade do Dispositivo, Capacidade da Rede, Interconectividade, Mobilidade.

- HUBis' 10 - Privacidade e Segurança - A aplicação deve ser capaz de manter as informações salvas e protegidas, de forma que não haja risco de danos em um contexto de uso específico. As informações devem ser transportadas e armazenadas de forma segura, assim como os controles de acesso da aplicação.

- Característica(s): Privacidade, Proteção, Segurança, Disponibilidade.

- HUBis' 11 - Invisibilidade e Transparência - O sistema deve ser capaz de esconder componentes computacionais para que os usuários não se preocupem com eles. As interações devem acontecer através de interfaces naturais.

- Característica(s): Transparência, Previsibilidade.

- HUBis' 12 - Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas - A aplicação ubíqua deve reagir de acordo com o contexto do usuário, o contexto temporal e o contexto do dispositivo. Interfaces devem se adaptar a esse contexto e trazer apenas informações relevantes.

- Característica(s): Sensibilidade ao Contexto, **Adaptação**.

- HUBis' 13 - Sensores e entradas de dados - Deve ser verificado se a entrada de dados, seja dada pelo usuário ou captada através de sensores, está sendo eficaz e acontecendo de forma natural para o usuário. A aplicação deve funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.

- Característica(s): **Entrada de Dados**, Robustez.

As características destacadas em negrito são as características identificadas além das Características de Carvalho *et al.* (2016).

A Tabela 8 representa um resumo desse resultado com a associação entre as HNs, a versão inicial das 13 HUBis e as características presentes nelas.

Tabela 8 – HUBis⁷: Versão inicial das HUBis

Heurísticas de Nielsen	Versão Inicial HUBis	Ação	Características presentes
HN 1			
HN 8	HUBis ⁷ 1- Comunicação calma	Junção	Calma, Eficácia, Atenção, Utilidade, Simplicidade.
HN 9			
HN 2	HUBis ⁷ 2 - Correspondência entre a aplicação e o mundo real	Adaptação	Familiaridade, Confiança, Visualização das Informações, Posicionamento dos Componentes.
HN 3	HUBis ⁷ 3 - Liberdade do usuário	Adaptação	Calma, Aceitabilidade, Satisfação do Usuário.
HN 4	HUBis ⁷ 4 - Consistência e padrões	Adaptação	Facilidade de Uso.
HN 5	HUBis ⁷ 5 - Prevenção de erros	Adaptação	Confiabilidade, Escalabilidade.
HN 6	-	Eliminação	-
HN 7	HUBis ⁷ 6 – Personalização	Adaptação	Flexibilidade.
HN 10	HUBis ⁷ 7 - Mínima necessidade de ajuda e documentação	Adaptação	Usabilidade, Facilidade de Uso.
-	HUBis ⁷ 8 - Esforço mínimo	Criação	Eficiência, Facilidade de Uso, Satisfação do Usuário.
-	HUBis ⁷ 9 - Mobilidade e dispositivos móveis	Criação	Capacidade do Dispositivo, Capacidade da Rede, Interconectividade, Mobilidade.
-	HUBis ⁷ 10 - Privacidade e Segurança	Criação	Privacidade, Proteção, Segurança, Disponibilidade.
-	HUBis ⁷ 11 - Invisibilidade e Transparência	Criação	Transparência, Previsibilidade.
-	HUBis ⁷ 12 - Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas	Criação	Sensibilidade ao Contexto, Adaptação.
-	HUBis ⁷ 13 - Sensores e entradas de dados	Criação	Entrada de Dados, Robustez.

Fonte: elaborada pelo autor.

4.3 Considerações Finais

Este capítulo teve como objetivo propor uma versão inicial das HUBis. Para isso, inicialmente, foi apresentado o processo escolhido para a sua adaptação e criação, baseado em Rusu *et al.* (2011).

Em seguida, a execução dos quatro primeiros estágios do processo foi apresentada. Durante as atividades foram definidas 32 características a estarem presentes nas HUBis (27 Características de Carvalho *et al.* (2016) + 5 novas).

Por fim, utilizando as heurísticas de Nielsen como base e as “Características das HUBis”, um conjunto inicial de heurísticas, denominado de HUBis’, foi definido para ser avaliado.

Os estágios de avaliação e refinamento são apresentados no Capítulo 5.

5 AVALIAÇÕES, REFINAMENTO E GUIA DE USO DAS HUBIS

Este capítulo apresenta o Estágio de Avaliação e o Estágio de Refinamento do processo de adaptação/criação das HUBis. Para o Estágio de Avaliação foi realizado um estudo empírico, apresentado na Seção 5.1, destacando a organização, a análise dos resultados e as limitações do estudo. Na Seção 5.2, é apresentada uma segunda avaliação realizada através de um questionário, com sua organização e resultados. Já o Estágio de Refinamento é apresentado na Seção 5.3, descrevendo o conjunto de heurísticas refinado após os resultados analisados. Por fim, na Seção 5.4 é proposto um guia de uso das HUBis.

5.1 Estudo empírico inicial

Nesta seção é apresentada a organização do estudo empírico, que foi realizado nos meses de setembro e outubro de 2015, com o objetivo de observar a experiência de participantes ao utilizar as HUBis em avaliações heurísticas realizadas na prática. Logo após, são discutidos os resultados e as limitações desse estudo.

5.1.1 Organização do estudo

Essa é a primeira avaliação das heurísticas propostas, portanto, optou-se por aplicar o método tradicional de Avaliação Heurística e realizar esse estudo em ambiente controlado para que se pudesse observar as impressões, dúvidas, facilidades ou dificuldades dos participantes. A seguir é apresentada a organização e planejamento do estudo.

5.1.1.1 Contexto geral

O estudo consistiu em participantes executando o método Avaliação Heurística (apresentado na Seção 2.3.1) utilizando as HUBis (apresentadas na Seção 4.2.4) para avaliar a usabilidade de uma aplicação ubíqua. Durante a avaliação, 2 pessoas conduziram e observaram o estudo, chamadas de facilitadores ou observadores. Elas anotavam e gravavam as impressões e dúvidas que os participantes expressavam verbalmente, conforme foi solicitado a eles.

O estudo foi realizado em dois dias. No primeiro dia, participaram 3 pessoas (Grupo 1) e 2 observadores, e no segundo dia participaram outras 4 pessoas (Grupo 2) e os

mesmos 2 observadores. Essa divisão foi feita para que a avaliação heurística não ultrapassasse de 5 participantes por dia, conforme orientações da literatura (NIELSEN; LANDAUER, 1993).

Todos os participantes preencheram um questionário para obtenção do perfil pessoal, detalhado no próximo tópico (*Participantes*), e assinaram um Termo de Consentimento¹ (Apêndice A). Antes da execução da avaliação heurística, um breve treinamento foi realizado para nivelar os participantes sobre os conceitos de sistemas ubíquos.

Para execução da Avaliação Heurística foram disponibilizados para cada participante: (i) as HUBis impressas, (ii) um espaço para registrar o resultado da verificação e os problemas identificados, e (iii) a aplicação a ser avaliada em um *smartphone*. Após a avaliação individual de cada participante, os resultados foram discutidos e consolidados em grupo. Ao final, após a execução da Avaliação Heurística, uma entrevista foi realizada com os participantes, objetivando coletar a opinião sobre a experiência vivenciada.

5.1.1.2 Participantes

Participaram da execução da avaliação heurística 7 pessoas. Antes de executarem a avaliação heurística, os participantes responderam um questionário pessoal com três questões: (i) Qual é sua experiência na área de IHC? (ii) Qual é sua experiência com métodos de avaliação da usabilidade? (iii) Qual é sua experiência no uso de sistemas ubíquos?

A Tabela 9 apresenta o perfil dos participantes do estudo. Pode-se perceber que a maioria deles é familiarizada com os conceitos de IHC e métodos de avaliação da usabilidade, alguns um pouco mais experientes (85%) e outros novatos (15%). Porém, apenas um dos participantes era especialista em sistemas ubíquos. Os outros participantes, ou nunca tiveram experiências com sistemas ubíquos ou apenas conheciam os conceitos. Já prevendo essa diversidade de experiência, realizou-se um treinamento sobre sistemas ubíquos para nivelar o conhecimento dos participantes e ajudá-los a realizar a avaliação.

¹[https://github.com/GREAtResearches/Heurísticas de Usabilidade para avaliar Sistemas Ubíquos/blob/master/Avaliacoes_Heurísticas/Termo de Consentimento.docx](https://github.com/GREAtResearches/Heurísticas_de_Usabilidade_para_avaliar_Sistemas_Ubíquos/blob/master/Avaliacoes_Heurísticas/Termo_de_Consentimento.docx)

Tabela 9 – Perfil dos participantes do Estudo Empírico

ID do Participante	Qual é sua experiência na área de IHC?	Qual é sua experiência com métodos de avaliação da usabilidade?	Qual é sua experiência no uso de sistemas ubíquos?
P1	3	3	2
P2	3	3	2
P3	4	3	4
P4	3	3	1
P5	3	3	2
P6	2	2	1
P7	3	3	2

Fonte: elaborada pelo autor.

Legenda:

- 1- Não possui qualquer experiência com o assunto;
- 2- Conhece os conceitos, mas não teve experiências com o assunto;
- 3- É familiarizado com os conceitos e teve algumas experiências com o assunto;
- 4- É especialista no assunto e teve várias experiências com a área.

5.1.1.3 Instrumentação

Para execução da Avaliação Heurística, uma planilha impressa com as HUBis foi entregue aos participantes. No primeiro dia de estudo, a planilha incluía itens de verificação relacionados à descrição de cada uma das heurísticas e ao lado o espaço para reportar o resultado e os problemas identificados, chamada de “Planilha de Avaliação Heurística”. A planilha completa está disponível no Apêndice B e a Figura 7 apresenta uma amostra.

Para o segundo dia, melhorias nesse instrumento foram aplicadas de acordo com os resultados do primeiro dia. Foi entregue aos participantes uma planilha impressa, chamada de “Descrição das HUBis”, apenas com o título e a descrição da heurística. Separadamente, um material foi entregue para o reporte dos problemas identificados, chamado de “Registro de Problemas”. Esses instrumentos utilizados no segundo dia podem ser visualizados nos Apêndices C e D, e uma amostra nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

Dessa forma, seria possível avaliar as impressões dos participantes ao utilizar os dois tipos de instrumentos, cientes de que essas melhorias poderiam causar algum impacto nos resultados da avaliação. Todos os instrumentos estão disponibilizados no GitHub¹.

¹https://github.com/GREatResearches/Heurísticas_de_Usabilidade_para_avaliar_Sistemas_Ubiquos

Figura 7 – Amostra da “Planilha de Avaliação Heurística”

ID	Heurísticas	Itens de Verificação	Sim	Não	N/A	Descrição do Problema	
						Local onde ocorre:	
HUBi 2	Correspondência entre a aplicação e o mundo real	Os elementos e conceitos da aplicação são familiares aos usuários, de modo a passar confiança?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		A visualização das informações e posicionamento dos componentes são consistentes com o mundo real, fazendo com que a informação pareça lógica e natural?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 8 – Amostra da planilha da “Descrição das HUBis”

ID	Heurísticas	Descrição	Sim	Não	N/A
HUBi 2	Correspondência entre a aplicação e o mundo real	A aplicação deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário e de modo a passar confiança. As convenções do mundo real devem ser seguidas, fazendo com que a informação pareça lógica e natural.			

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 9 – Amostra do documento “Registro de Problemas”

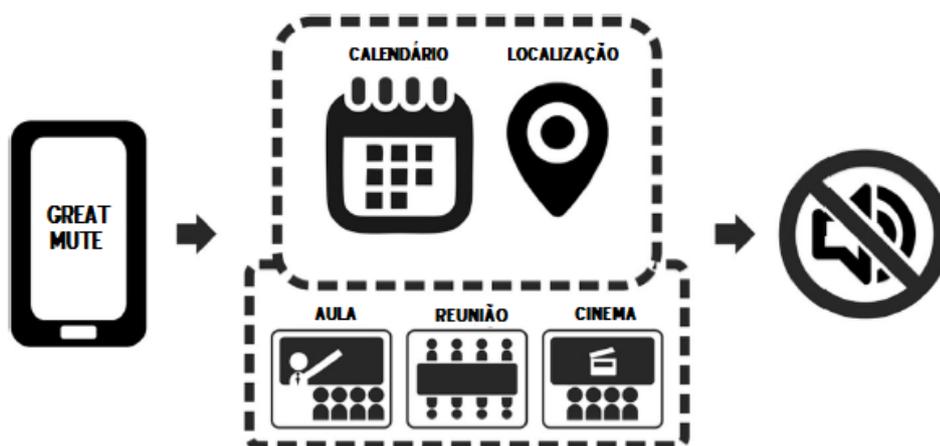
Descrição do Problema	
Nome da Heurística	
Local onde ocorre	
Severidade	
Descrição	

Fonte: elaborada pelo autor.

A aplicação avaliada pelos participantes foi a GREat Mute¹ (Carvalho *et al.*, 2015), a qual foi desenvolvida na plataforma Android e tem como principal funcionalidade deixar o celular no silencioso de acordo com os eventos do usuário no *Google Calendar* e com sua localização.

A Figura 10 ilustra o funcionamento da aplicação. Por exemplo, sempre que houver um evento com as palavras-chaves “aula”, “reunião” ou “cinema” no *Google Calendar* do usuário, o celular fica no silencioso automaticamente caso o usuário esteja na localização, na data e horário definidos no evento. Para isso, o usuário deve apenas cadastrar essas palavras-chaves na aplicação. Para esse estudo, foi utilizada uma versão inicial na aplicação liberada para testes.

Figura 10 – Exemplos de cenários da aplicação GREat Mute



Fonte: Traduzido de Carvalho *et al.* (2016)

5.1.1.4 Desenho Experimental

O estudo empírico foi realizado em três etapas: 1. Treinamento de pré-avaliação; 2. Execução da Avaliação Heurística; e 3. Entrevista pós-avaliação. A seguir são especificadas as etapas:

- a) No **treinamento de pré-avaliação**, o facilitador inicia explicando o objetivo e as etapas do estudo empírico e os estágios do método Avaliação Heurística. Depois, os participantes foram convidados a preencher o questionário pessoal e assinar o Termo de Consentimento. Após essa fase inicial, um dos

¹ Link: <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.ufc.greatmute4>

facilitadores explicou os conceitos de sistemas ubíquos, como forma de treinamento para nivelar o conhecimento dos participantes no assunto.

- b) A **execução da Avaliação Heurística** foi realizada conforme recomendação do próprio método, apresentado na Seção 2.3.1. Para a *Sessão de Preparação*, foi apresentada a aplicação GREat Mute, suas telas, funcionalidades e alguns cenários de uso. O material para a realização da Avaliação Heurística foi disponibilizado aos participantes e passadas as instruções. Os facilitadores pediram que os participantes anotassem o tempo de avaliação e que expusessem suas dúvidas durante a avaliação. Para a *Sessão de Avaliação*, cada participante inspecionou a aplicação livremente, em seguida, individualmente, verificaram se as interfaces e interações estavam de acordo ou não com a diretriz de usabilidade proposta por cada heurística ubíqua. Caso não estivesse, o problema deveria ser reportado de forma escrita, apontando o local, a descrição e a severidade do problema que deveria ser classificada de acordo com a Tabela 10. Para essa inspeção, foram utilizados os instrumentos de avaliação disponibilizados (Anexos B, no primeiro dia; Anexos C e D, no segundo dia). Ao final da execução das avaliações, foi dado início à *Sessão de Resultados*, em que os participantes discutiram os resultados das avaliações. Durante toda essa etapa, os observadores permaneceram com os participantes, observando e anotando sobre o uso das heurísticas e suas dúvidas.
- c) Após a execução da Avaliação Heurística, foi realizada uma **entrevista pós-avaliação**, onde os participantes foram questionados de forma coletiva para identificar suas percepções sobre o uso das HUBis, utilizando o método Avaliação Heurística. Perguntas foram feitas a fim de conduzir a entrevista como, por exemplo:
- “O que você achou de utilizar as HUBis? Sentiu-se confortável ou ficou incomodado com algo?”
 - “Sobre o método Avaliação Heurística, você possui alguma sugestão em relação à aplicação do método aos sistemas ubíquos?”
 - “Você teve dificuldade no uso do dispositivo de sistema operacional Android?”

Tabela 10 – Severidades dos problemas de usabilidade

Nível	Descrição
Problema Estético	Não precisa ser reparado, a menos que haja tempo extra no projeto.
Problema Pequeno	Deve ser resolvido, com baixa prioridade.
Problema Grande	É importante repará-lo. Deve ser resolvido com alta prioridade.
Problema Catastrófico	É imperativo repará-lo antes do lançamento do produto.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.1.2 *Análise dos resultados*

Inicialmente, são apresentados resultados em relação aos problemas na aplicação GREat Mute encontrados pelos participantes do estudo. O objetivo da avaliação heurística é identificar problemas de usabilidade como, por exemplo, “O elemento de ligar e desligar a aplicação está difícil de encontrar”, apontado por P1. Porém, problemas de funcionalidade da aplicação também foram reportados, conforme se pode perceber pelo registro de P2: “Ocorreu o erro de colocar a aplicação no silencioso e ela não retornar ao normal.”. Os problemas de funcionalidade são decorrentes do fato da aplicação GREat Mute ter sido utilizada em sua versão inicial. Dessa forma, os resultados apresentaram tanto problemas de usabilidade quanto de funcionalidade.

Na Tabela 11 pode ser verificado o total de problemas de usabilidade e funcionalidade identificados por cada um dos participantes. Além disso, é apresentado também o tempo utilizado por cada um deles para realizar a avaliação heurística.

Tabela 11 – Informações quantitativas das avaliações heurísticas por participante.

ID do Participante	Tempo de Avaliação	Quantidade de Problemas de Usabilidade	Quantidade de Problemas de Funcionalidade
P1	1h 7min	5	4
P2	1h 12min	6	2
P3	1h 11min	7	1
P4	1h 4min	5	5
P5	1h 7min	6	4
P6	0h 45min	3	1
P7	1h 8min	4	1

Fonte: elaborada pelo autor.

Com exceção do participante P4, que identificou a mesma quantidade de problemas dos dois tipos, todos os outros participantes identificaram mais problemas de usabilidade do que de funcionalidade, fato que apoia a utilidade das HUBis.

É possível perceber que os tempos para realizar a avaliação foram próximos, uma média aproximada de 1 hora e 5 minutos, ficando de acordo com a definição do método Avaliação Heurística, que recomenda entre 1 a 2 horas de inspeção, conforme visto na Seção 2.3.1. Apenas P6 utilizou um tempo consideravelmente menor que os outros participantes e também foi o participante que menos identificou problemas na aplicação.

Como o objetivo principal do estudo empírico foi observar o uso das HUBis sendo utilizadas no método Avaliação Heurística, os problemas identificados e as melhorias para a aplicação GREat Mute não são discutidos com detalhes nesta dissertação. Apesar disso, é importante ressaltar que essa aplicação já foi avaliada por outros trabalhos (CARVALHO; ANDRADE; OLIVEIRA, 2015); (FERREIRA; BRAGA; ANDRADE, 2016) relacionados a medidas de qualidade, correções já foram aplicadas e ainda assim o uso das HUBis identificou novos problemas. É possível consultar a lista de todos os problemas identificados por cada participante no Apêndice E.

As percepções dos participantes sobre o uso das HUBis, os instrumentos utilizados, o método de avaliação e as limitações encontradas foram observadas durante o estudo e esses resultados são apresentados e discutidos a seguir.

5.1.2.1 Sobre as HUBis'

De maneira geral, as HUBis' foram bem entendidas pelos 7 participantes. Eles acharam as heurísticas claras, não havendo dúvidas em relação ao entendimento do texto, conforme ressaltado pelo participante 7 *“Eu achei as heurísticas bem claras, bem detalhadas e mesmo um usuário que não seja experiente conseguiria avaliar (...). Vou pedir esse checklist”*.

Apenas a “HUBis' 1 – Comunicação calma”, não foi bem compreendida pelos participantes do estudo. O participante 3 disse que sentiu falta da heurística de Nielsen *“Feedback”* que fala sobre a visibilidade do *status* do sistema sugerindo que *“Tem perguntas dessa heurística que caberia aqui, mesmo sendo para sistemas ubíquos, mas não tem essa heurística”*. O participante 5 também pensou isso dizendo: *“Senti falta da heurística de Feedback de Nielsen”*. Porém, essa heurística de Nielsen estava incluída na HUBis' 1 de

forma diferente para ressaltar a característica calma.

Além disso, no primeiro dia, os itens de verificação na “Planilha de Avaliação Heurística” não estavam ajudando o participante a associar o item com o título da heurística. Na entrevista pós-avaliação, foi perguntado se ao utilizar esse instrumento os participantes olhavam apenas para as perguntas ou se eles olhavam também para o título das heurísticas. O participante 1 disse que *“Em alguns momentos eu desconsidereei o título”*, o participante 3 completou: *“É, eu foquei mais nas perguntas mesmo”*, e o participante 2: *“Tem alguns momentos que a gente não olha mesmo pro título”*. Por exemplo, ao analisar o item de verificação “O sistema dá *feedback* para o usuário somente quando necessário ou quando solicitado?” não estava sendo observado que ele pertencia à heurística de título “Comunicação Calma”. Percebeu-se que a pergunta fica fora do contexto, caso ele não se lembre da característica principal da heurística, no caso, calma.

Já no segundo dia, não houve dúvidas, provavelmente porque utilizaram os novos instrumentos modificados após o primeiro dia, conforme apresentado na Seção 5.1.1. Os participantes disseram que não houve problemas em avaliar o sistema pela descrição da heurística e não por itens de verificação, conforme confirmado pelo participante 4: *“Só a descrição das heurísticas serviu para avaliar, não senti falta de um checklist”*. Assim, foi notório que os participantes do segundo dia se atentaram mais para o conceito das características (presentes nos títulos das heurísticas), o que não aconteceu no primeiro dia.

Sobre a utilidade das HUBis’, na entrevista pós-avaliação, foi questionado se os participantes acharam que as HUBis’ conseguiram destacar aspectos que as heurísticas de Nielsen não poderiam identificar. A maioria dos participantes respondeu que as heurísticas ajudam o avaliador a pensar sobre as características de sistemas ubíquos. Por exemplo, o participante 2 respondeu que *“Sim, com certeza”*. E o participante 1 complementou *“Tem coisas que a gente não conseguiria avaliar só com as heurísticas de Nielsen como, por exemplo, a mobilidade e a calma (...) Esse conceito calmo pra mim é diferente, não havia utilizado isso ainda”*. Por outro lado, o participante 3, disse que ele encontraria os mesmos problemas seguindo apenas as 10 heurísticas de Nielsen. Entretanto, é importante ressaltar que ele foi o único avaliador que declarou ser especialista em sistemas ubíquos. Percebe-se que no caso dele, já é natural a lembrança de inspecionar a aplicação com o foco em identificar problemas relacionados com as características ubíquas. Ressalta-se que nem sempre os avaliadores de usabilidade possuem esse nível de conhecimento sobre esse domínio.

5.1.2.2 Sobre o método Avaliação Heurística

Decidiu-se utilizar neste trabalho o método Avaliação Heurística conforme sua definição, apresentado na Seção 2.3.1. Os estágios do método foram lembrados aos participantes durante a etapa de treinamento de pré-avaliação para serem seguidos durante a execução da avaliação. Todos os estágios foram realizados e algumas diferenças foram observadas em relação ao método tradicional de Nielsen:

- a) Ao invés dos participantes se atentarem apenas às telas da aplicação, como propõe o método, eles também tiveram de se atentar aos cenários de uso da aplicação, pois os sistemas ubíquos muitas vezes se comunicam com o usuário de forma transparente, não sendo perceptível em uma interface. De toda forma, as telas também são avaliadas indiretamente e seus problemas têm que se considerados, conforme dito pelo participante 2: *“Em alguns momentos, eu tive problemas na tela da aplicação, não na funcionalidade ubíqua da aplicação”*.
- b) Como a inspeção não foi realizada avaliando especificamente cada tela, os participantes passaram um tempo utilizando a aplicação como um todo para reconhecer suas funcionalidades e interfaces. Depois, para cada uma das HUBis’, eles avaliavam se a aplicação estava seguindo as diretrizes de usabilidade, consultando a aplicação novamente quando preciso. Portanto, pode-se dizer que a inspeção que é feita na etapa inicial do método de avaliação, não pode ser por tela, mas sim guiada por cenários de uso.
- c) Para a etapa de discussão entre os avaliadores, os resultados foram discutidos, porém não foi elaborado um relatório final no momento da reunião. A discussão foi gravada para que se pudesse analisar posteriormente.

Um aprendizado importante desse estudo é o fato de que se o método Avaliação Heurística for realizado em ambiente controlado, podem não ser identificados todos os problemas de usabilidade possíveis, por conta das particularidades dos sistemas ubíquos. Isso foi percebido quando, por exemplo, o participante 3 fala sobre a heurística “HUBis’ 9 - Mobilidade e Dispositivos Móveis”, onde sua impressão é que para testar mobilidade *“Você tem que sair, trocar de dispositivo, trocar de rede, sair de um ambiente e ir pra outro, e eu não sei se a avaliação heurística pode ser realizada utilizando esses cenários”*. P3 comentou ainda: *“Não sei se estou errada, mas com a avaliação heurística não dá pra avaliar qualquer*

contexto de uso. (...) Como eu ia avaliar isso aqui sentada na cadeira?”, quando se referia às heurísticas “HUBis’ 10 - Privacidade e Segurança” e “HUBis’ 12 – Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas”.

Entretanto, é importante ressaltar que o método Avaliação Heurística não limita os avaliadores em relação a visitar diferentes locais ou contextos de uso para inspecionar a aplicação. Dessa forma, é possível sim realizar Avaliação Heurística atendendo a esses aspectos que não puderam ser avaliados. Apenas para esse estudo isso não foi realizado.

Uma sugestão de adaptação do método de Nielsen para contemplar essa particularidade da *sessão de avaliação*, no caso sistemas ubíquos, seria recomendar que o avaliador utilizasse a aplicação por um período de tempo mais longo, para que cenários típicos de sistemas ubíquos possam ser inspecionados.

5.1.2.3 Sobre os instrumentos utilizados na Avaliação Heurística

Sobre a instrumentação, observou-se que tanto a “Planilha de Avaliação Heurística” (Apêndice B) quanto a planilha “Descrição das HUBis” (Apêndice C) serviram como guia para a avaliação, orientando o participante na inspeção do sistema ubíquo. Porém, como visto no tópico “Sobre as HUBis”, a primeira planilha não auxiliou devidamente o participante a associar o item de verificação com o título da heurística e o propósito a qual ela se refere, levando-o a olhar para a pergunta sem lembrar da característica ubíqua presente no título da heurística. Dessa forma, para avaliações futuras sugere-se o modelo aplicado em “Descrição das HUBis”, utilizada no segundo dia do estudo.

Sobre o registro dos problemas identificados, no primeiro dia, os participantes reclamaram da falta de espaço na planilha e concordaram que o registro de forma digital seria melhor, conforme dito pelo participante 3: *“Seria bem melhor e mais apropriado, porque não dá pra escrever tudo aqui, ficou meio bagunçado (...). Talvez se eu tivesse um computador teria sido também mais rápido e tivesse encontrado até mais problemas de usabilidade”*. Porém, foi questionado aos participantes se caso eles tivessem a possibilidade de avaliar a aplicação em mais tempo, mais lugares e em contextos diferentes, qual seria a melhor forma de fazer esse registro afinal, pode ser inviável ficar andando para os lugares com um *notebook*, por exemplo. Eles sugeriram que poderiam utilizar um gravador para registrar os problemas para depois realizar o registro de forma digital.

O registro dos problemas no segundo dia de estudo ocorreu também de forma manual, porém melhorias foram aplicadas no instrumento, conforme apresentado na Seção

5.1.1. Dessa forma, com o uso do relatório “Registro de Problemas” (Apêndice D), o reporte foi mais organizado e não houve reclamações dos participantes, podendo ser um instrumento para utilizar em avaliações futuras.

5.1.3 Limitações do estudo

Por conta desse estudo de observação ter sido realizado em ambiente controlado, alguns itens de verificação ou parte da descrição das heurísticas não puderam ser verificadas em sua totalidade. Por exemplo, para o item de verificação “A aplicação mantém suas funcionalidades quando utilizadas em condições adversas?”, presente na heurística “HUBis’ 5 - Prevenção de erros”, o participante 1 disse que *“Não foi possível realizar testes em condições adversas para responder essa pergunta”*. Para o item “A aplicação está funcionando corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes?”, presente na “HUBis’ 13 - Sensores e entradas de dados”, o participante 3 colocou que não houve tempo de testar várias entradas e condições dizendo que *“Eu testei só uma coisa (...) mas eu teria que avaliar outras coisas pra poder responder de forma mais segura”*.

Na entrevista pós-avaliação, quando foi questionado se as HUBis’ conseguem avaliar os aspectos de ubiquidade, o participante 3 reafirmou que *“Quando envolve questões de contexto e mobilidade, você tem que testar vários cenários pra responder de forma mais segura a heurística.”*. Já o participante 6 sugeriu que *“Os resultados da avaliação seriam melhor se tivesse mais tempo para testar”*.

Outra limitação observada no estudo foi em relação à aplicação GREAt Mute, pois ela é simples e possui poucas funções. Dessa forma, nem todos os aspectos das heurísticas podiam ser verificados na aplicação avaliada, conforme ressaltado pelo participante 6 que disse: *“Essa aplicação é um pouco simples pra gente conseguir avaliar todos os aspectos ubíquos cobertos pelas heurísticas”*. E o participante 7 complementou: *“Sugiro realizar o experimento com outras aplicações para contemplar todas as HUBis’*. Com mais de uma aplicação sendo avaliada poderia ser possível avaliar todos os fatores das HUBis’.

Essas limitações dizem respeito à abrangência de registro de problemas contemplando todas as HUBis’, entretanto, é importante ressaltar que mesmo assim, foi possível coletar o *feedback* em relação ao entendimento de todas elas. Além disso, essas limitações apontaram para o fato de que a inspeção para esse tipo de sistema deve ocorrer durante um período maior de tempo, inclusive em ambientes diferentes, mudando assim a

tradicional dinâmica do método Avaliação Heurística, proposta por Nielsen, sendo essa uma das contribuições desse trabalho.

5.2 Questionário

A segunda avaliação das HUBis foi um questionário, realizado em julho de 2016, onde especialistas analisaram as heurísticas e o processo de adaptação e criação delas, reportando concordância total, concordância parcial, discordâncias e sugerindo melhorias a serem aplicadas. Essa avaliação foi realizada após o estudo empírico, pois, como este foi um estudo de observação em um ambiente controlado, não houve oportunidade de avaliar algumas heurísticas (e características) por limitações de tempo e espaço como, por exemplo, a “HUBis’ 9 – Mobilidade e Dispositivos Móveis”. Dessa forma, pesquisadores sugeriram a realização de um questionário a ser aplicado com especialistas de forma que se analisasse o processo de adaptação e criação de todas as HUBis’. O resultado dessa avaliação é analisado e adicionado aos resultados do estudo empírico para refinar as heurísticas e propor o guia de uso.

5.2.1 Organização do questionário

Uma segunda avaliação foi realizada através de um questionário com especialistas das áreas envolvidas, tendo como objetivo analisar o processo de criação das HUBis, suas descrições e as características associadas a elas. Além disso, o processo de eliminação da heurística de Nielsen “Estética e Design Minimalista”, conforme explicado no Capítulo 4, também foi analisado. O questionário foi aplicado por meio de uma planilha digital e é apresentado como essa avaliação foi organizada a seguir.

5.2.1.1 Contexto geral

Um pesquisador enviou para 4 especialistas, por e-mail, um questionário no formato de planilha digital. Foi solicitado que eles analisassem e apresentassem suas considerações em relação ao processo de criação de cada uma das HUBis’ e as características associadas a elas, reportando concordância, concordância parcial ou discordância. Após responderem o questionário, um e-mail de retorno foi enviado ao pesquisador para que os resultados fossem analisados.

5.2.1.2 Participantes

Participaram dessa avaliação 4 especialistas, que realizaram a análise das heurísticas (apenas 1 deles havia participado do estudo empírico). A Tabela 12 apresenta o perfil dos especialistas: um doutor, dois estudantes de doutorado e um estudante de mestrado, todos com mais de 3 anos de experiência em aplicar métodos para avaliar a usabilidade de sistemas e familiares com os assuntos de IHC e Computação Ubíqua. O especialista 4, mesmo não sendo familiarizado com a Computação Ubíqua, registrou no preenchimento do perfil que estudou os conceitos e características desse tema para auxiliar nas respostas do questionário.

Tabela 12 – Perfil dos especialistas que participaram da avaliação Questionário

ID do Especialista	Qual sua formação acadêmica?	Qual sua experiência em aplicar métodos para avaliar a usabilidade de sistemas?	Como você considera sua familiaridade com o assunto de IHC?	Como você considera sua familiaridade com o assunto de Computação Ubíqua?
E1	Doutorado (em curso)	Mais de 3 anos	Muito Familiar	Muito Familiar
E2	Mestrado (em curso)	Mais de 3 anos	Muito Familiar	Não Familiarizado
E3	Doutorado (em curso)	Mais de 3 anos	Muito Familiar	Moderadamente Familiar
E4	Doutorado	Mais de 3 anos	Moderadamente Familiar	Moderadamente Familiar

Fonte: elaborada pelo autor.

5.2.1.3 Instrumentação

Utilizou-se para o questionário uma planilha digital¹ contendo:

- a) O objetivo da avaliação;
- b) Um resumo da metodologia de criação das HUBis (apresentada no capítulo anterior);
- c) Orientações de como os especialistas deveriam preencher o questionário;
- d) As 32 características, suas definições e referências;

¹https://github.com/GREatResearches/Heurísticas_de_Usabilidade_para_avalciar_Sistemas_Ubiquos

- e) Um mapeamento, conforme apresentado no Capítulo 4;
- f) Uma aba para cada uma das HUBis a serem avaliadas.

É importante ressaltar que a característica Reversibilidade não foi analisada pelos especialistas, pois o trabalho de Carvalho *et al.* (2016), ao qual pertence essa característica, foi atualizado após a aplicação do questionário.

A Figura 11 ilustra uma amostra do questionário.

Figura 11 – Amostra do questionário aplicado com especialistas.

Descrição - Heurística de Nielsen	Processo	Descrição - Heurística Ubíqua	Características	Avaliação do Especialista	Observações
HN2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real - o sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, ao invés de termos orientados ao sistema. Siga as convenções do mundo real, fazendo com que a informação pareça lógica e natural.	Adaptação	HU 2- Correspondência entre a aplicação e o mundo real - o sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário e de modo a passar confiança. As convenções do mundo real devem ser seguidas, fazendo com que a informação pareça lógica e natural.	Familiaridade, Confiança, Visualização das informações, Posicionamento dos componentes.	<input type="radio"/> Concordo <input type="radio"/> Concordo parcialmente <input type="radio"/> Não Concordo	

Fonte: elaborada pelo autor.

5.2.1.4 Execução da Avaliação

Para cada heurística ubíqua havia a descrição da heurística de Nielsen correspondente, o processo de criação, a sua descrição e as características presentes nela. O especialista teve que responder se (1) concorda, (2) concorda parcialmente ou (3) discorda de algum desses fatores, e escrever suas observações. Ao término da análise de todas as heurísticas, os especialistas enviaram os resultados para a consolidação do pesquisador.

Os resultados obtidos com esse questionário são apresentados na próxima seção e são unidos com os resultados do estudo empírico realizado, para então aplicar as melhorias propostas e refinar o conjunto final de heurísticas.

5.2.2 Análise dos resultados

Os resultados da avaliação Questionário foram enviados de forma digital para o pesquisador, que analisou todas as considerações em busca de aplicar melhorias nas heurísticas.

Para cada uma das heurísticas, obteve-se o resultado da avaliação dos especialistas, suas observações e foram tomadas providências pelo pesquisador em relação às observações. A seguir são apresentadas as considerações e análises mais significativas sobre esses resultados.

- Os especialistas não concordaram com a junção ocorrida na “HUBis’ 1- Comunicação calma”, como pode ser percebido na fala do especialista 3 *“A junção destas três heurísticas de Nielsen está incoerente. Esta junção que resulta na HUBis’ 1 não abrange os aspectos pretendidos pelas 3 HN utilizadas e, em muitos, aspectos não se relaciona com elas.”*. Essa dificuldade de entendimento da “HUBis’ 1 – Comunicação Calma”, foi observada também no estudo empírico, relatado na seção anterior, pois alguns participantes perderam o contexto de que ali era para observar a característica “calma”. Portanto, após análise dessa e das outras considerações, optou-se por reajustar a HUBis’ 1: para cada uma das heurísticas de Nielsen que participou do processo de junção, uma nova heurística ubíqua correspondente foi elaborada. Dessa forma, a HN 1 foi adaptada para “HUBis’ 1 - Visibilidade do status do sistema”, a HN 8 para “HUBis’ 8 - Estética e Design Minimalista” e a HN 9 para “HUBis’ 9 - HUBis’ 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros”.

- A heurística “HN6 - Minimizar a sobrecarga de memória do usuário” não teve sua eliminação e justificativa aprovada pelos especialistas. O especialista 3 disse que *“Esta heurística deveria ser adaptada para o uso em sistemas ubíquos, pois a justificativa de eliminação não é adequada. Em sistemas ubíquos a transparência não implica necessariamente a total falta de interação explícita.”*. O especialista 4 disse que *“Essa é a heurística que é mais a cara de adaptação com sistemas ubíquos que prever exatamente essa minimização de carga do usuário.”*. Portanto, decidiu-se adaptar HN 6 correspondendo à “HUBis’ 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar”.

- A heurística “HUBis’ 8 - Esforço mínimo”, havia sido criada para contemplar a característica Eficiência. Porém, após as considerações dos especialistas, como por exemplo *“Não entendi o porque dessa heurística ter sido formulada. Qual necessidade o sistema ubíquo apresenta para tal? Essa heurística lembra a usabilidade como um critério de qualidade. Não entendi o porque dela.”*, essa característica foi realocada ao reajustar a

“HUBis’ 7 - Flexibilidade e Eficiência do uso”, não havendo mais a necessidade da HUBis’ 8. Portanto, para o refinamento, a “HUBis’ 8 –Esforço mínimo” foi eliminada.

- As heurísticas “HUBis’ 7 - Mínima necessidade de ajuda e documentação”, “HUBis’ 11 –Invisibilidade e Transparência” e “HUBis’ 13 – Sensores e entradas de dados” foram aceitas em sua totalidade, com todos os resultados com valor “Concordo”. Apenas uma pergunta foi colocada pelo especialista 1 na HUBis’ 13: “Como isso será avaliado na interface?”. Porém, nem sempre essa heurística poderá ser avaliada na interface, mas sim na interação.

- Para várias heurísticas foram sugeridas, analisadas e aceitas alterações em seus títulos:

- “HUBis’ 1- Comunicação calma” para “HUBis 1- Visibilidade do status do sistema” (pois passou a corresponder a HN 1);

- “HUBis’ 2 – Correspondência entre a aplicação e o mundo real” para “HUBis 2 – Correspondência entre o sistema e o mundo real”;

- “HUBis’ 3 – Liberdade do usuário” para “HUBis 3 – Controle do usuário e liberdade”;

- “HUBis’ 6 – Personalização” para “HUBis’7 – Flexibilidade e Eficiência do uso”;

- “HUBis’ 7 – Mínima necessidade de ajuda e documentação” para “HUBis 10 – Ajuda e documentação”;

- “HUBis’ 9 – Mobilidade e dispositivos móveis” para “HUBis 11 – Mobilidade e dispositivos”.

- Para várias heurísticas foram sugeridas, analisadas e aceitas realocação de características:

- **Aceitabilidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 3 - Liberdade do usuário”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente e da “HUBis 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros”.

- **Atenção** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 1- Comunicação calma”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente, da “HUBis 3 - Controle do usuário e liberdade”, “HUBis 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar” e “HUBis 8 - Estética e Design Minimalista”.

- **Calma** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 1- Comunicação calma” e à “HUBis’ 3 - Liberdade do usuário”, na versão final passou a fazer parte das suas

correspondentes, da “HUBis 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar”, “HUBis 8 - Estética e Design Minimalista” e “HUBis 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros”.

- **Confiança** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 2 - Correspondência entre a aplicação e o mundo real”, na versão final passou a fazer parte da “HUBis 12 - Privacidade e Segurança”.

- **Disponibilidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 10 - Privacidade e Segurança”, na versão final passou a fazer parte da “HUBis 5 - Prevenção de erros”.

- **Eficácia** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 1- Comunicação calma”, na versão final passou a fazer parte da “HUBis 7 - Flexibilidade e Eficiência do uso”.

- **Eficiência** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 8 - Esforço mínimo”, na versão final passou a fazer parte da “HUBis 7 - Flexibilidade e Eficiência do uso”.

- **Entrada de Dados** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 13 - Sensores e entradas de dados”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente e da “HUBis 4 - Consistência e padrões”.

- **Facilidade de uso** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 4 - Consistência e padrões”, “HUBis’ 7 - Mínima necessidade de ajuda e documentação” e “HUBis’ 8 - Esforço mínimo”, na versão final passou a fazer parte da “HUBis 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real”, “HUBis 10 - Ajuda e documentação” e da “HUBis 14 - Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas”.

- **Familiaridade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 2 - Correspondência entre a aplicação e o mundo real”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente e da “HUBis 4 - Consistência e padrões”.

- **Flexibilidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 6 - Personalização”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente e da “HUBis 5 - Prevenção de erros”.

- **Posicionamento dos componentes** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 2 - Correspondência entre a aplicação e o mundo real”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente e da “HUBis 8 - Estética e Design Minimalista”.

- **Previsibilidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 11 - Invisibilidade e Transparência”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente, da “HUBis 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real”, “HUBis 4 - Consistência e padrões”, “HUBis 5 - Prevenção de erros”, “HUBis 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar” e “HUBis 13 - Invisibilidade e Transparência”.

– **Proteção** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 10 - Privacidade e Segurança”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente e da “HUBis 5 - Prevenção de erros”.

– **Simplicidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 1- Comunicação calma”, na versão final, com a separação, passou a fazer parte apenas da “HUBis’ 8 - Estética e Design Minimalista” e da “HUBis 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros”.

– **Usabilidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 7 - Mínima necessidade de ajuda e documentação”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente da “HUBis 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real”, “HUBis’ 4 - Consistência e padrões” e “HUBis 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar”.

– **Utilidade** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ HUBis’ 1- Comunicação calma”, na versão final passou a fazer parte da “HUBis 7 - Flexibilidade e Eficiência do uso”.

– **Visualização das informações** que na versão inicial pertencia à “HUBis’ 2 - Correspondência entre a aplicação e o mundo real”, na versão final passou a fazer parte da sua correspondente, da “HUBis 1- Visibilidade do status do sistema” e “HUBis 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar”.

Com base nos resultados apresentados e analisados, o conjunto inicial de heurísticas apresentado no Capítulo 4 foi refinado conforme apresentado na próxima seção. Vale ressaltar que os resultados obtidos também contribuíram para melhorar a forma de aplicar, em avaliações futuras, as etapas de uma avaliação heurística em sistemas ubíquos, conforme o guia sugerido na Seção 5.4.

5.3 Refinamento das HUBis

Após as avaliações realizadas e a análise dos resultados, o estágio 6 da metodologia, “Estágio de Refinamento”, foi realizado. O novo conjunto de heurísticas após o refinamento bem como seu mapeamento com as características são ilustrados na Tabela 13. A nova versão das HUBis proposta neste trabalho é apresentada a seguir:

- HUBis 1 - Visibilidade do status do sistema: O sistema deve sempre fornecer um feedback ao usuário em resposta a uma interação realizada. Esse feedback não deve atrapalhar o usuário em sua atividade corrente nem sobrecarregar o usuário de informações, mas deve existir na forma de uma mudança perceptível em alguma das modalidades de

interação da interface.

– Características: Calma, Atenção, **Visualização das informações**.

• HUbis 2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real: O sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, símbolos, conceitos e interações familiares ao usuário, ao invés de termos orientados ao sistema. Deve-se seguir as convenções do mundo real, fazendo com que a informação pareça lógica e natural e atingindo facilmente o objetivo pretendido.

– Característica(s): Familiaridade, **Visualização das informações, Posicionamento dos Componentes**, Previsibilidade, Facilidade de uso, Usabilidade.

• HUbis 3 - Controle do usuário e liberdade: O usuário deve se sentir livre para interagir ou não com a aplicação. Quando o usuário desejar interagir com o sistema, ele deve estar no controle, podendo a qualquer momento abortar uma tarefa ou desfazer uma operação e retornar ao estado anterior. Quando a aplicação interagir com o usuário em um determinado contexto, o usuário não deve se sentir obrigado a responder à interação e deve ter a opção de ignorá-la, de modo a manter o foco na sua atividade corrente. Todas essas ações devem estar claramente demarcadas no sistema e sua visualização, caso haja, deve manter o padrão em toda a aplicação.

– Característica(s): Calma, Aceitabilidade, Satisfação do Usuário, Atenção, Reversibilidade.

• HUbis 4 - Consistência e padrões: As interfaces da aplicação, as entradas de dados, as formas de interagir ou de se adaptar ao contexto, devem ser consistentes e seguir convenções e padrões familiares ao usuário, para que o software possa ser entendido, aprendido e utilizado.

– Característica(s): Usabilidade, Previsibilidade, **Entrada de Dados**, Familiaridade.

• HUbis 5 - Prevenção de erros: É preciso conhecer as situações que mais provocam erros e modificar as interfaces e interações para que os usuários não cometam estes erros ao interagir com a aplicação. Além disso, a aplicação deve ser capaz de manter seus serviços e desempenho sempre disponíveis quando utilizada por um ou vários usuários, em condições específicas ou adversas.

– Característica(s): Previsibilidade, **Flexibilidade**, Confiabilidade, Escalabilidade, Proteção, Disponibilidade.

- HUBis 6 - Reconhecimento ao invés de memorizar: O sistema deve minimizar a carga de memória do usuário quando houver um diálogo ou interação disponível, tornando os objetos, ações e opções disponíveis visíveis a pelo menos um dos sentidos do usuário, possibilitando alternativas de interações.

- Característica(s): **Visualização das informações**, Usabilidade, Previsibilidade, Calma, Atenção.

- HUBis 7 - Flexibilidade e Eficiência do uso: A aplicação deve fornecer atalhos para acelerar a interação, de forma a reduzir o esforço necessário para atingir o objetivo pretendido, principalmente para o usuário avançado. A completude da funcionalidade precisa ser mantida ao utilizar atalhos ou não. Além disso, o sistema deve ser flexível, dando a possibilidade ao usuário de personalizar configurações de acordo com suas necessidades e experiências.

- Característica(s): **Flexibilidade**, Utilidade, Eficiência, Eficácia.

- HUBis 8 - Estética e Design Minimalista: Os diálogos devem conter apenas informações relevantes e necessárias, nem mais e nem menos. Cada unidade extra de informação em um diálogo compete com unidades de informação relevantes. A sequência da interação e o acesso aos componentes e funcionalidades devem estar disponíveis dependendo do contexto, de forma simples e natural.

- Característica(s): Simplicidade, Calma, Atenção, **Posicionamento dos Componentes**.

- HUBis 9 - Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros: Mensagens de erro devem ser simples e expressas em linguagem clara (sem códigos), indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução. Além de textos, as mensagens podem ser apresentadas em outros formatos disponíveis em dispositivos móveis, como por exemplo, imagem, áudio, vibração. As mensagens de erro devem orientar com cautela o usuário, sem stressá-lo, de forma que o usuário não desista da utilização do sistema.

- Característica(s): Simplicidade, Calma, Aceitabilidade.

- HUBis 10 - Ajuda e documentação: O ideal é que a aplicação seja tão fácil de usar (intuitiva) que não necessite de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível, centrada na atividade atual do usuário. As orientações para a ajuda devem ser simples e objetivas.

- Característica(s): Usabilidade, Facilidade de uso.

- HUBis 11 - Mobilidade e dispositivos: Aplicações ubíquas devem manter suas funcionalidades com o deslocamento físico do usuário e em dispositivos com capacidades diferentes. Aspectos como, rede sem fio, conexão entre dispositivos, tamanho da tela, capacidade de hardware e capacidade de energia limitadas são fatores que a aplicação precisa levar em consideração para se ajustar durante o uso, sem causar transtornos pra o usuário.

- Característica(s): Capacidade do Dispositivo, Capacidade da Rede, Interconectividade, Mobilidade.

- HUBis 12 - Privacidade e Segurança: A aplicação deve ser capaz de manter as informações salvas e protegidas, de forma que não haja risco de danos em um contexto de uso específico. As informações devem ser transportadas e armazenadas de forma segura, assim como os controles de acesso da aplicação.

- Característica(s): Privacidade, Proteção, Segurança, Confiança.

- HUBis 13 - Invisibilidade e Transparência: O sistema deve ser capaz de esconder componentes computacionais para que os usuários não se preocupem com eles. As interações devem acontecer através de interfaces naturais.

- Característica(s): Transparência, Previsibilidade.

- HUBis 14 - Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas: A aplicação ubíqua deve reagir de acordo com o contexto do usuário, o contexto temporal e o contexto do dispositivo. Interfaces devem se adaptar a esses contextos e trazer apenas informações relevantes de forma a facilitar o uso do sistema.

- Característica(s): Sensibilidade ao contexto, **Adaptação**, Facilidade de uso.

- HUBis 15 - Sensores e entradas de dados: Deve ser verificado se a entrada de dados, seja dada pelo usuário ou captada através de sensores, está sendo eficaz e acontecendo de forma natural para o usuário. A aplicação deve funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.

- Característica(s): **Entrada de Dados**, Robustez.

As características destacadas em negrito são as características identificadas além das Características de Carvalho *et al.* (2016): Adaptação (BERTINI; GABRIELLI; KIMANI, 2006), Entrada de Dados (INOSTROZA *et al.*, 2013), Flexibilidade (INOSTROZA *et al.*, 2013), Posicionamento dos componentes (MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013) e Visualização das informações (MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013).

Tabela 13 – HUBis refinadas

Heurísticas de Nielsen	Hubis	Ação	Características presentes
HN1	HUBis 1- Visibilidade do status do sistema	Adaptação	Calma, Atenção, Visualização das informações.
HN2	HUBis 2- Correspondência entre o sistema e o mundo real	Adaptação	Familiaridade, Visualização das informações, Posicionamento dos componentes, Previsibilidade, Facilidade de uso, Usabilidade.
HN3	HUBis 3 – Controle do usuário e liberdade	Adaptação	Calma, Aceitabilidade, Satisfação do usuário, Atenção, Reversibilidade.
HN4	HUBis 4 – Consistência e Padrões	Adaptação	Usabilidade, Previsibilidade, Entrada de dados, Familiaridade.
HN5	HUBis 5 – Prevenção de erros	Adaptação	Previsibilidade, Flexibilidade, Confiabilidade, Escalabilidade, Proteção, Disponibilidade.
HN6	HUBis 6 – Reconhecimento ao invés de memorizar	Adaptação	Visualização das informações, Usabilidade, Previsibilidade, Calma, Atenção.
HN7	HUBis 7 - Flexibilidade e Eficiência do uso	Adaptação	Flexibilidade, Utilidade, Eficiência, Eficácia.
HN8	HUBis 8 - Estética e Design minimalista	Adaptação	Simplicidade, Calma, Atenção, Posicionamento dos componentes.
HN9	HUBis 9 – Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros	Adaptação	Simplicidade, Calma, Aceitabilidade.
HN10	HUBis 10 - Ajuda e documentação	Adaptação	Usabilidade, Facilidade de uso.

Tabela 13 – HUBis refinadas (Continuação)

Heurísticas de Nielsen	Hubis	Ação	Características presentes
	HUBis 11 – Mobilidade e dispositivos	Criação	Capacidade do dispositivo, Capacidade da rede, Interconectividade, Mobilidade.
	HUBis 12 – Privacidade e Segurança	Criação	Privacidade, Proteção, Segurança, Confiança.
	HUBis 13 - Invisibilidade e Transparência	Criação	Transparência, Previsibilidade.
	HUBis 14 – Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas	Criação	Sensibilidade ao contexto, Adaptação, Facilidade de uso.
	HUBis 15 - Sensores e entrada de dados	Criação	Entrada de dados, Robustez.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4 Análise Comparativa das HUBis e das Heurísticas dos Trabalhos Relacionados

No Capítulo 3 foram apresentados 7 (sete) trabalhos relacionados a heurísticas ou características de IHC para sistemas ubíquos, dentre os quais 5 (cinco) trabalhos apresentam efetivamente heurísticas de usabilidade. Nesta seção, uma análise comparativa das heurísticas desses trabalhos é então realizada em relação às heurísticas de Nielsen e às HUBis em sua versão final.

Cada uma das heurísticas dos trabalhos relacionados foi analisada buscando responder às seguintes questões: (i) A heurística se aplica a sistemas ubíquos? (ii) A heurística está presente em alguma heurística de Nielsen? (iii) A heurística está presente em alguma HUBis? O resultado completo dessa análise pode ser observado no Apêndice H.

De forma geral, identificou-se que:

- a) algumas heurísticas não se aplicam a sistemas ubíquos. Em (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008), 3 das 18 heurísticas não se aplicavam, pois eram direcionadas ao domínio de aplicação (sistemas *e-learning*) que o

trabalho avalia. Em (MORAVEJI; SOESANTO, 2012) uma das heurísticas também não se aplicava: 'Incentivar a interação prosocial';

- b) para algumas heurísticas que se aplicavam às particularidades do domínio de aplicação não foram identificadas heurísticas de Nielsen correspondentes, mas foi identificada alguma HUBis. Por exemplo, em (KEMP; THOMPSON; JOHNSON, 2008), a heurística 'Consciência' não é observada em nenhuma HN, mas está presente na HUBis 14. Em (MACHADO NETO; PIMENTEL, 2013), a heurística 'Facilidade de entrada de dados' também não é observada em nenhuma HN, mas está presente na HUBis 15. Em (MORAVEJI; SOESANTO, 2012), a heurística 'Escolha de elementos naturalmente calmos' está presente na HUBis 1 e 9, mas não encontra-se em nenhuma heurística de Nielsen;
- c) em (BERTINI; GABRIELLI; KIMANI, 2006), todas as heurísticas se aplicavam a sistemas ubíquos e tinham correspondentes nas heurísticas de Nielsen e nas HUBis, mas não abrangia todas elas;
- d) nenhum dos 5 trabalhos possuía um conjunto de heurísticas que já estavam presentes em todas as HUBis.

Dessa forma, essa análise mostra que não havia nos trabalhos relacionados um conjunto de heurísticas que contemplasse todas as heurísticas de Nielsen e todas as particularidades dos sistemas ubíquos, assim como as HUBis em sua nova versão se propõe.

5.5 Guia de uso das HUBis

Também como contribuição deste trabalho, foi elaborado um guia de uso das HUBis, descrito nesta seção.

Para avaliadores utilizarem as HUBis indica-se o uso dos instrumentos disponibilizados por esta dissertação que passaram por melhorias após as avaliações e podem ser encontrados nos Apêndices D e F e em diretório *online*¹. Além disso, é preciso que o método Avaliação Heurística seja executado com algumas adaptações sugeridas decorrentes da análise dos resultados desse trabalho.

O método Avaliação Heurística utilizando as HUBis é representado na Figura 12 e detalhado a seguir.

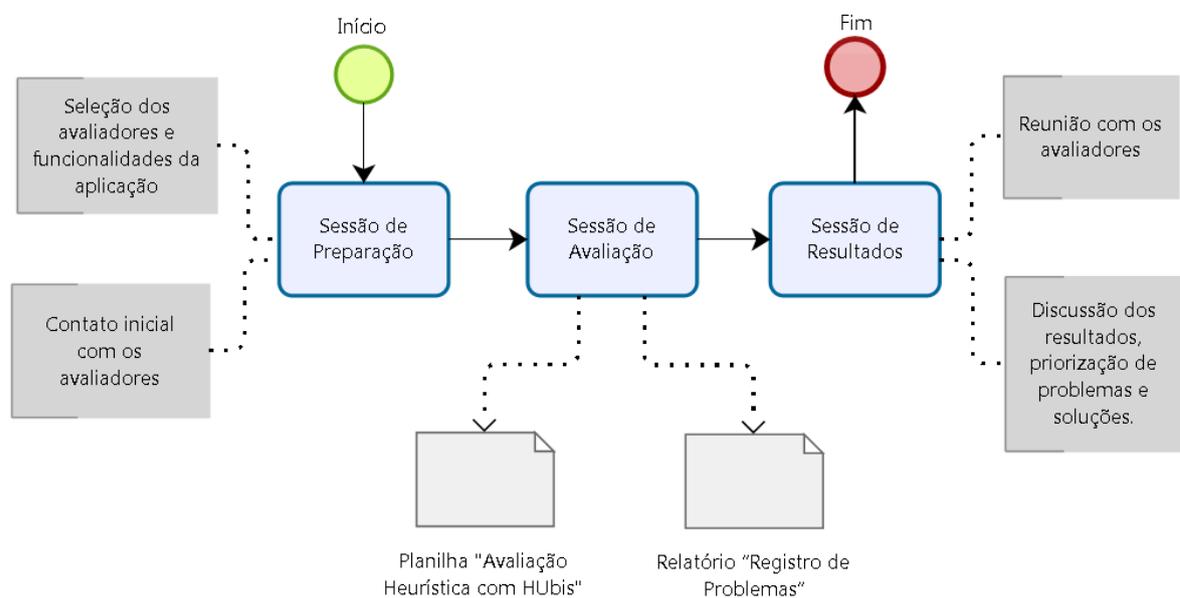
¹https://github.com/GREAtResearches/Heurísticas_de_Usabilidade_para_avaliar_Sistemas_Ubiquos/tree/master/Avaliaco es_Heurísticas

5.5.1 Sessão de Preparação

Nessa sessão, inicialmente o condutor da avaliação heurística deve convidar de 3 a 5 avaliadores e explicar qual porção do sistema será avaliada. Com isso, deve ser realizado um contato inicial com os avaliadores, de preferência, pessoalmente. Nesse contato:

- a) A aplicação ubíqua é disponibilizada, e os cenários de uso, contemplando as funcionalidades a serem avaliadas, são apresentados aos avaliadores.

Figura 12 – Método Avaliação Heurística utilizando as HUBis



Fonte: elaborada pelo autor.

- b) A planilha “Avaliação Heurística em Sistemas Ubíquos” (Apêndice F) e o relatório “Registro de Problemas” (Apêndice D) são apresentados e entregues aos avaliadores. Indica-se que esse material seja disponibilizado de forma digital e impresso.
- c) É explicado aos avaliadores como a avaliação do sistema deve ser realizada, conforme descrito na Sessão de Avaliação.
- d) A data para entrega da avaliação é informada e é comunicado que será marcada uma reunião com todos os avaliadores para consolidação dos resultados, conforme descrito na Sessão de Resultados.

5.5.2 Sessão de Avaliação

Cada avaliador deve, inicialmente, se familiarizar com a aplicação e tentar vivenciar todos os cenários de uso. Para isso ele deve utilizá-la durante o tempo que julgar necessário. Após essa fase de conhecimento, para cada uma das HUBis presentes na planilha “Avaliação Heurística para Sistemas Ubíquos”, a aplicação deve ser inspecionada verificando se as diretrizes estão sendo seguidas e o resultado (Sim, Não ou N/A) deve ser apontado considerando as seguintes condições:

- a) Caso a aplicação não possua os aspectos relacionados à heurística, o avaliador deve marcar “N/A”.
- b) Caso a aplicação esteja de acordo com as recomendações de usabilidade da heurística, o avaliador deve marcar a opção “Sim”.
- c) Caso a aplicação viole algum aspecto da heurística, então, é considerado um problema de usabilidade e o avaliador deve responder “Não”.

No caso do resultado ser “Não”, o avaliador deve reportar o problema no relatório “Registro de Problemas”, dizendo qual heurística foi violada, o local (tela ou funcionalidade) em que o problema ocorre, a severidade e a descrição do problema de forma detalhada.

Dependendo das funcionalidades da aplicação, para avaliar heurísticas como “HU11 – Mobilidade e dispositivos” ou “HU14 – Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas”, indica-se que o avaliador se desloque para outros locais, utilize contextos de uso diferentes, e se preciso, utilize a aplicação por vários dias. Dessa forma, no momento em que o problema for identificado, a planilha digital pode não estar acessível para o reporte. Para isso, é sugerido que o avaliador registre o problema por escrito ou utilize um gravador para posteriormente reportar o problema na planilha.

5.5.3 Sessão de Resultados

Após as avaliações estarem concluídas e entregues, o condutor marca uma reunião onde todos os avaliadores possam comparecer. Nessa reunião, os resultados são discutidos, os problemas são priorizados e soluções são sugeridas.

Indica-se no final a elaboração de um relatório para consolidação dos resultados.

5.6 Considerações finais

As avaliações do conjunto inicial das HUBis, seu refinamento e o guia de uso foram apresentados neste capítulo.

Foram realizadas duas avaliações: (i) Estudo empírico, que objetivou explorar e observar o uso das HUBis' em avaliações heurísticas; (ii) Questionários, aplicados com especialistas para analisar o processo de adaptação/criação das HUBis' e suas características.

Os resultados dessas avaliações foram analisados e discutidos de forma que melhorias na versão inicial das HUBis fossem aplicadas. Dessa forma, um refinamento foi realizado e uma nova versão das HUBis foi apresentada nesse capítulo.

Com a nova versão das heurísticas elaborada, foi realizada uma análise das heurísticas presentes nos trabalhos relacionados em relação às HUBis.

Por fim, um guia de uso foi proposto para utilização da nova versão das HUBis, aconselhando o uso dos instrumentos presentes nos apêndices e orientando a realizar adaptações no método Avaliação Heurística para tornar os resultados das avaliações mais eficientes quando aplicado a sistemas ubíquos.

6 CONCLUSÃO

Este capítulo é dedicado às conclusões desse trabalho de dissertação, que propôs heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos. A seção 6.1 apresenta uma visão geral sobre o que foi abordado e realizado nesse trabalho. Já a seção 6.2 destaca os resultados alcançados e as relevantes contribuições. As limitações, tanto relacionadas ao processo de criação/adaptação das HUBis, quanto do estudo empírico, são listadas na seção 6.3. Por fim, a seção 6.4 sugere trabalhos futuros a serem realizados a partir da contribuição dessa dissertação.

6.1 Visão geral

O avanço da tecnologia em dispositivos móveis e embarcados tem impactado no dia-a-dia das pessoas, trazendo novas formas de comunicação, organização e interação. Hoje em dia é fácil perceber a dependência que as pessoas têm de seus aparelhos celulares inteligentes, a necessidade que elas têm de estarem conectadas 24 horas por dia na *internet*, a empolgação de participar de uma rede social, a facilidade de se ter um GPS indicando qual caminho seguir, ou a rapidez que se digita um texto através de uma tela de toque. Esses e outros aspectos já estão inseridos na vida das pessoas, trazendo mudanças significativas nas interações entre humanos e computadores.

Entretanto, o avanço das tecnologias e ideias não parou, percebeu-se a necessidade de fazer com que certas funcionalidades e tarefas do dia-a-dia fossem executadas pelos dispositivos de maneira mais discreta, de forma que não atrapalhe o foco atual do usuário, chegando a ser invisível, considerando o contexto dos usuários. Foi a partir dessas necessidades que surgiu a ideia da computação ubíqua, com o objetivo de trazer transparência para as interações dos usuários com os dispositivos computacionais.

Em busca de garantir uma boa usabilidade nessa forma de interação entre os usuários e os sistemas ubíquos, faz-se necessário avaliar esses sistemas de acordo com as características particulares deles. Um dos métodos de avaliação da usabilidade é a Avaliação Heurística, que utiliza diretrizes de usabilidade, também chamadas de heurísticas, para guiar os avaliadores na inspeção das interfaces dos sistemas.

A partir de pesquisas sobre heurísticas de usabilidade e sistemas ubíquos, apresentadas no Capítulo 3, identificou-se a ausência de trabalhos que possuíssem heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos, levando em consideração as características

específicas desses sistemas como, por exemplo, mobilidade e sensibilidade ao contexto. Durante essas pesquisas foram identificados também processos de adaptar e criar novas heurísticas para avaliar domínios específicos.

Dessa forma, foi proposta neste trabalho a adaptação/criação de heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos (HUBis). Para isso foi selecionado um processo existente que estabelece heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas específicos. Tal processo é composto por 6 estágios (RUSU *et al.*, 2011) e foi adaptado para ser utilizado como base para o processo de adaptação/criação das HUBis, definido e executado nos Capítulos 4 e 5.

Os 4 primeiros estágios do processo, apresentados no Capítulo 4, coletam informações da literatura relacionadas ao tema de pesquisa, extraí características de usabilidade para estarem presentes nas heurísticas e definem uma versão inicial das HUBis.

Para avaliar as heurísticas propostas, foram realizadas avaliações qualitativas em forma de um estudo empírico e um questionário, conforme apresentadas no Capítulo 5. Os resultados dessas avaliações foram analisados, as limitações dos estudos foram especificadas e as heurísticas foram refinadas. A avaliação e o refinamento compõem os dois últimos estágios desse processo.

Após o refinamento, as HUBis, em sua nova versão, são apresentadas e um guia de uso é proposto para utilização delas em avaliações heurísticas pela comunidade de IHC, de forma que se avalie a usabilidade de sistemas ubíquos, considerando suas características.

6.2 Resultados alcançados e contribuições

Como resultado da revisão da literatura realizada para identificar os trabalhos relacionados no Capítulo 3, foi possível perceber a ausência de um conjunto de heurísticas de usabilidade para avaliar sistemas ubíquos. Dessa forma, um processo foi escolhido para elaborar as HUBis.

Como consequência da execução do processo para adaptação/criação das HUBis, os seguintes resultados foram alcançados:

- a) Acréscimo de 5 características às Características de Carvalho *et al.* (2016), definindo um conjunto de 32 características que influenciam a IHC de sistemas ubíquos para estarem presentes na HUBis.
- b) As 15 HUBis refinadas após as avaliações de usabilidade de sistemas ubíquos, considerando os aspectos específicos desses sistemas.

- c) Guia de uso das HUBis, especificando como as HUBis devem ser utilizadas. No guia foram aplicadas melhorias no método Avaliação Heurística de forma que os avaliadores tenham condições de verificar todas as heurísticas.

As 5 características identificadas a partir da execução do processo são aspectos de usabilidade que precisam ser avaliados em sistemas ubíquos, não identificados nas Características de Carvalho *et al.* (2016).

As 15 HUBis são a principal contribuição desse trabalho, pois agora é possível identificar na literatura heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos (ROCHA *et al.*, 2017) e para utilizá-las o guia de uso é proposto de forma que se adapte o método tradicional de Avaliação Heurística para que se possam ser verificadas todas as HUBis durante a avaliação. Com isso, espera-se contribuir para a área de IHC e Sistemas Ubíquos, pois tanto as 15 HUBis quanto o guia de uso poderão ser utilizados pela comunidade para avaliar a usabilidade de sistemas ubíquos de forma a considerar as características particulares desses sistemas.

Além disso, os resultados das avaliações heurísticas realizadas no estudo empírico detectou 54 problemas de usabilidade e funcionalidade para serem corrigidos e assim melhorar a aplicação GREat Mute. É importante ressaltar que a aplicação GREat Mute já havia passado por outros tipos de avaliação anteriormente (como coleta de medidas de qualidade) e melhorias já haviam sido aplicadas nela.

6.3 Limitações do trabalho

É essencial reportar as limitações desse trabalho, tanto relacionado ao processo de adaptação/criação das HUBis, quanto relacionado às avaliações.

6.3.1 Em relação ao processo

Ao escolher o processo para adaptar/criar as HUBis (2º semestre de 2015), ainda não havia sido feita a revisão sistemática (QUIÑONES; RUSU, 2017) sobre os processos ou metodologias existentes para estabelecer heurísticas de usabilidade, relatada na seção 2.3.4. A escolha pelo processo de Rusu *et al.* (2011) foi feita durante as pesquisas para identificar os trabalhos relacionados ao tema da dissertação (Capítulo 3). Nessa pesquisa foram identificados processos, atividades, etapas que os pesquisadores estavam utilizando para adaptar e/ou criar heurísticas para domínios específicos (no caso da pesquisa, domínio móvel

e/ou sensível ao contexto). Dessa forma, foi identificado e selecionado o processo de Rusu *et al.* (2011), por atender aos critérios citados na seção 4.1. A revisão sistemática realizada por Quiñones e Rusu (2017) identificou outros 6 trabalhos que relatam uma metodologia para desenvolver heurísticas de usabilidade, mas o autor desta dissertação não tinha conhecimento sobre eles no momento da escolha do processo de Rusu *et al.* (2011).

O Estágio Exploratório selecionou os trabalhos relacionados identificados nas revisões da literatura para análise (2º semestre de 2015). Porém, após a adaptação/criação das HUBis, novos trabalhos foram publicados (nenhum em sistemas ubíquos, mas sim em móvel e sensível ao contexto) e não participaram do processo de extração das características.

A extração das características, que ocorreu durante o Estágio Descritivo, foi realizada através da leitura dos trabalhos e quando se identificava um fator importante, este era coletado. No entanto, não houve rigor nem critérios estabelecidos para essa seleção, o que pode ocasionar a perda de alguma(s) característica(s).

Considera-se outra limitação o fato do Estágio de Validação não ter ocorrido conforme proposto Rusu *et al.* (2011), em decorrência de limitações de tempo dos avaliadores. Essa falta foi contornada por uma adaptação desse estágio, de forma que as HUBis fossem exploradas em avaliações heurísticas, observando o uso delas pelos avaliadores. No entanto, os resultados da avaliação não foram comparados com resultados de avaliações realizadas com as HNs, conforme proposto no processo original.

Quando o processo de adaptação e criação das HUBis começou a ser executado, foram consideradas apenas 26 Características de Carvalho *et al.* (2016), pertencentes ao seu trabalho anterior (SANTOS, 2014). Apenas em Carvalho *et al.* (2016) foi atualizada a revisão sistemática e uma nova característica foi identificada: Reversibilidade. Dessa forma, essa característica não participou da análise realizada no Estágio Correlacional, nem da análise realizada pelos especialistas durante a avaliação Questionário. No entanto, o impacto disso foi contornado, pois a característica se adequava à “HUBis 3 - Controle do usuário e liberdade” e foi associada a ela. Porém, é importante ressaltar que ela foi analisada apenas pelo autor deste trabalho.

6.3.2 Em relação às avaliações (Estudo Empírico)

As limitações do estudo empírico foram relatadas na seção 5.1.3, onde foi ressaltado o fato do estudo ter ocorrido em ambiente controlado e o fato de apenas uma aplicação (GREatMute) ser avaliada, além de ser simples. No entanto, esse fato não evitou a

coleta de *feedback* em relação ao entendimento das HUBis e contribuiu para a elaboração do guia de uso.

Outra limitação que pode ser destacada é o fato de que a aplicação avaliada (GREat Mute) possuía alguns problemas de funcionalidade e o impacto desses problemas não foi analisado em relação à identificação dos problemas de usabilidade. Em um dos trabalhos futuros será sugerido utilizar aplicações que não possuam problemas de funcionalidades que possam atrapalhar a avaliação heurística.

O estudo empírico foi realizado em dois dias, com alterações nos instrumentos de um dia para o outro. Isso também pode ser considerada uma limitação quando se observa que os resultados foram unidos e analisados de forma única, ou seja, não foi realizada uma análise dos problemas de usabilidade identificados no primeiro dia em relação aos resultados do segundo dia. Ainda assim, o estudo coletou informações relevantes sobre o uso de cada instrumento e pôde realizar melhorias decorrentes desses fatos.

6.4 Trabalhos futuros

Como consequência dos resultados dessa dissertação e de suas limitações, as perspectivas de trabalhos futuros são descritas a seguir.

- Realizar avaliação heurística com a nova versão das HUBis, utilizando o guia de uso.

As avaliações heurísticas realizadas neste trabalho, através do estudo empírico, utilizaram a primeira versão das HUBis e seus resultados serviram para o aperfeiçoamento delas. Além disso, foi realizada em ambiente e tempo controlados, resultando na identificação de que essa não é a melhor forma de aplicar a avaliação heurística para sistemas ubíquos. Portanto, realizar uma avaliação com a nova versão das HUBis, utilizando o guia de uso é importante para verificar sua aplicabilidade. Outra sugestão é realizar a avaliação heurística em ambiente controlado, porém utilizando ferramentas que simulem as alterações de contexto.

- Utilizar as HUBis para avaliar outras aplicações ubíquas.

Verificar se a utilização das HUBis é válida para avaliar a usabilidade de outras aplicações ubíquas, que considerem vários contextos de uso e finalidades diferentes como, por exemplo, o Wase. Além disso, é aconselhável selecionar aplicações sem problemas de funcionalidade para que não haja impactos durante a identificação dos problemas de usabilidade.

- Realizar avaliação heurística utilizando as HNs e as HUBis.

Comparar os resultados das duas avaliações de forma a identificar as diferenças entre os problemas de usabilidade identificados ao usar cada um dos conjuntos, conforme proposto pelo Estágio de Validação de Rusu *et al.* (2011). Uma prática interessante para esse trabalho seria a troca de heurísticas entre os grupos de avaliadores.

- Comparar as HUBis com outro conjunto de heurísticas ou outro método de avaliação de usabilidade.

Os resultados de uma avaliação heurística com as HUBis podem ser comparados com os resultados de uma avaliação utilizando, por exemplo, heurísticas de usabilidade para sistemas móveis, ou utilizando outro método como, por exemplo, o Teste de Usabilidade.

- Analisar a forma de avaliação de alguns termos presentes nas descrições das heurísticas.

Termos como “sobrecarregar o usuário de informações” e “mudança perceptível”, presentes na HUBis 1; “devem ser consistentes” e “padrões familiares”, presentes na HUBis 4; “informações relevantes” e “nem mais e nem menos”, presentes na HUBis 8; “informações salvas e protegidas”, “risco de danos em um contexto”, “de forma segura”, presentes na HUBis 12; “através de interfaces naturais”, presente na HUBis 13; “eficaz e acontecendo de forma natural” e “condições ambientais estressantes”, presentes na HUBis 15. Esses termos podem ser complicados de se avaliar, pois são subjetivos. Então, uma análise deve ser realizada para identificar de que forma os avaliadores podem verificar esses aspectos durante a avaliação heurística. Uma sugestão é elaborar um documento com exemplos de problemas de usabilidade para cada uma das HUBis.

Além disso, como o processo de adaptação/criação da versão inicial das HUBis foi realizado no segundo semestre de 2015, é possível executar novamente o processo para verificar se novos trabalhos e características são identificados para nova análise. Dessa forma, surgindo a oportunidade de uma nova versão das HUBis.

REFERÊNCIAS

- ABOWD, G. D.; MYNATT, E. D.; RODDEN, T. **The Human Experience (of Ubiquitous Computing)**. Pervasive Computing, IEEE, v. 1, n. 1, 2002. p. 48–57.
- ARAÚJO, R. B. **Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios**. In: XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Natal, 2003.
- BARBOSA, S. D. J.; DA SILVA, B. S. **Interação Humano-Computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 406 p.
- BERTINI, E.; GABRIELLI S.; KIMANI S. **Appropriating and assessing heuristics for mobile computing**. In: Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI 06), v. 2, 2006, p. 119 - 126.
- BEVAN, N. **Extending Quality in Use to Provide a Framework for Usability Measurement**. Human-Computer Interaction 10, 2009. p. 13-22.
- BEVAN, N.; CARTER, J.; HARKER, S. **ISO 9241-11 revised: what have we learnt about usability since 1998?**. In: M. Kurosu (Ed.), Human-Computer Interaction: Design and Evaluation, Lecture Notes in Computer Science 9169, Springer, 2015. p.143–151.
- BEZERRA, C. I. M.; OLIVEIRA, K. M.; ANDRADE, R. M. C.; *et al.* **Challenges for usability testing in ubiquitous system**. In l'Interaction Homme-Machine, 2014.
- BIAS, R.; MAYHEW, D. **Cost-Justifying Usability**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2005. 640 p.
- BONIFÁCIO, B. A. *et al.* **Usabilidade de Aplicações Web Móvel: Avaliando uma Nova Abordagem de Inspeção através de Estudos Experimentais**. In: Anais do XV Ibero-American Conference on Software Engineering (CIbSE), Buenos Aires. 2012. v. 1.
- CAMPOS, A.; *et al.* **Usability Heuristics and Design Recommendations for Driving Simulators**. In: Information Technology: new Generations, Springer International Publishing, 2016. p. 1287–1290.
- CARVALHO, R. M.; ANDRADE, R. M. C.; OLIVEIRA, K. M. **Using the GQM Method to Evaluate Calmness in Ubiquitous Applications**. In: HCI International. Los Angeles, 2015.
- CARVALHO, R. M.; ANDRADE, R. M. C.; OLIVEIRA, K. M.; SANTOS, I. S. S.; BEZERRA, C. I. M. **Quality characteristics and measures for humancomputer interaction evaluation in ubiquitous systems**. Software Quality Journal. 2016. v. JUL.
- DE SOUZA, C.S. **The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2005.
- DE SOUZA, C. S.; LEITÃO, C. F. **Semiotic Engineering Methods for Scientific Research in HCI**. In: J.M. Caroll (ed.) Synthesis Lectures on Human-Cetered Informatics. Princeton, NJ: Morgan & Claypool Publishers, 2009.

- DEY, A. K.; Abowd, G. D. **Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness**. Relatório Técnico GIT-GVU-99-22, College of Computing, Georgia Institute of Technology, 1999.
- DEY, A. K. **Understanding and using context**. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5, 1, 2001.
- EVERS, C. *et al.* **The user in the loop: Enabling user participation for self-adaptive applications**. *Future Generation Computer Systems*, 2014. p.110–123.
- FERREIRA, A. B.; BRAGA, R. B.; ANDRADE, R. M. C. **Medidas de Qualidade para a Avaliação da Confiança no Funcionamento em Sistemas Ubíquos**. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE, Maceió, 2016. p. 181-195.
- GARLAN, D.; SIEWIOREK, D. P.; STEENKISTE, P. **Toward Distraction-Free Pervasive Computing**. *Pervasive Computing*, IEEE, 2002.
- GOMES, A.S. **FAVIHC – Framework de Avaliação da Interação Humano-Computador**. 147 p. Dissertação de Mestrado - Mestrado em Informática Aplicada - Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza, 2009.
- HERMAWATI, S.; LAWSON, G. **Establishing usability heuristics for heuristics evaluation in a specific domain: is there a consensus?**. *Applied Ergonomics*, Volume 56, 2016, p. 34-51.
- HEWETT, T. T. *et al.* **ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction**. ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction Curriculum Development Group, NY, 1992.
- INOSTROZA, R. *et al.* **Developing SMASH: a set of SMARTphone's uSability Heuristics**. *Computer Standards & Interfaces*, Volume 43, 2016. p. 40-52.
- ISO 9241-11. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals. **The International Organization for Standardization**, 1998.
- ISO/IEC 9126. Software engineering – Product quality – Part 1. 2001
- INOSTROZA, R. *et al.* **Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices**. Proc. 9th International Conference on Information Technology - New Generations, Las Vegas, NV, 2012. p. 662-667.
- INOSTROZA, R. *et al.* **Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices: Update**. In Proceedings of the Chilean Conference on Human-Computer Interaction, 2013. ACM, New York. p. 24-29.
- INOSTROZA, R. *et al.* **Developing SMASH: a set of SMARTphone's uSability Heuristics**. *Comput. Stand. Interfaces* 43, 2016. p. 40–52.

JASPERS, M. **A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: methodological aspects and empirical evidence**, *Int. J. Med. Inf.* 78 (5), 2009. p. 340–353.

JIMENEZ, C.; LOZADA P.; ROSAS P. Usability heuristics: A systematic review. 11th Colombian Computing Conference (CCC), Popayan, 2016. p. 1-8.

KEMP, E. A.; THOMPSON, A. J.; JOHNSON, R. S. **Interface evaluation for invisibility and ubiquity: An example from E-learning**. In: Proceedings of the 9th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's international conference on human-computer interaction: Design Centered HCI, 2008.

KIM, S. H.; KIM, S. W.; PARK, H. M. **Usability Challenges in Ubicomp Environment**. In Proceedings of the International Ergonomics Association, 2003.

KITCHENHAM, B.A.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical Report EBSE, 2007, School of Computer Science and Mathematics, Keele University.

KOUROUTHANASSIS, P. E.; GIAGLIS, G. M.; KARAISKOS, D. C. **Delineating The Degree of “Pervasiveness” in Pervasive Information Systems: An Assessment Framework and Design Implications**. Pan-Hellenic Conference on Informatics, PCI, 2008.

LIMA, F. F. de P. **SysSu - Um Sistema de Suporte para Computação Ubíqua**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, 2011.

MACHADO NETO, O.; PIMENTEL M. G. Heuristics for the Assessment of Interfaces of Mobile Devices. In: Proc of the 19th Brazilian symposium on Multimedia and the web (WebMedia), 2013.

MARÇAL, E. *et al.* **Geomóvel: Um Aplicativo para Auxílio a Aulas de Campo de Geologia**. In: Anais SBIE, 2013.

MELO, A. M.; BARANAUSKAS C. C. **Design e avaliação de tecnologia Web acessível**. In: Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXV Congresso da SBC, 2005. p. 1500-1544.

MORAES, A.; ROSA, J. G. S. **Avaliação e Projeto no Design de Interfaces**. Rio de Janeiro: 2ab., 2008. 224 p.

MORAVEJIN.; SOESANTO C. **Towards Stress-less User Interfaces: 10 Design Heuristics Based on the Psychophysiology of Stress**. In: Proc. of the ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts, 2012.

MUÑOZ, R.; BARCELOS, T.; CHALEGRE, V. **Defining and validating virtual worlds usability heuristics**. In: Proc. of the 30th International Conference of the Chilean Computer Science Society, 2011. p. 171–178.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. **Heuristic evaluation of user interfaces.** In: Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, NY, USA: ACM, 1990. p. 249–256.

NIELSEN, J. **Usability Engineering.** New York, NY: Academic Press, 1993.

NIELSEN, J.; LANDAUER, T. K. **A mathematical model of the finding of usability problems.** In: Proc. of ACM INTERCHI'93 Conference, 1993. p. 206–213.

NIELSEN J. **Heuristic Evaluation.** In: R. Mack & J. Nielsen (eds.), Usability Inspection Methods. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994. p. 25-62.

NIELSEN J. **Enhancing the explanatory power of usability heuristics.** In: Proc. of ACM CHI, 1994. p. 152-158.

NIELSEN, J. **10 Heuristics for User Interface Design: Article by Jakob Nielsen.** 1995 [Online]. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

NIEUWDORP, E. **The pervasive discourse: an analysis.** In: Computers in Entertainment (CIE), vol. 5, 2007.

OLIVEIRA, K. M.; ANDRADE, R. M. C.; SANTOS, R. M.; DANTAS, V. L. L. **Avaliação da Qualidade da Interação Humano-Computador de Sistemas Ubíquos.** In: M. Cecília C. Baranauskas, Clarisse Sieckenius de Souza, Roberto Pereira. (Org.). GrandIHCBR - Grandes Desafios de Pesquisa em Interação Humano-Computador no Brasil. 1ed. Cuiabá-MT: Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2012. p. 42.

POPPE, R.; RIENKS, R.; DIJK, B. VAN. **Evaluating the future of HCI: Challenges for the evaluation of emerging applications.** AI for Human Computing, 2007. p.234–250.

POSLAD S. **Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions.** Wiley, 2009.

PRATES, R. O.; DE SOUZA, C. S.; BARBOSA, S. D. J. **A method for evaluating the communicability of user interfaces.** ACM Interactions 7, New York: ACM Press, 2000, pp.31-38.

PREECE, J. *et al.* **Human-Computer Interaction.** Addison-Wesley, 1994.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction Design: beyond human-computer interaction.** New York, NY: John Wiley & Sons, 2002.

QUIÑONES, D.; RUSU, C. **How to develop usability heuristics: A systematic literature review.** Computer Standards & Interfaces, Volume 53, 2017. p. 89-122.

RIEKKI, J.; ISOMURSU, P.; ISOMURSU, M. **Evaluating the Calmness of Ubiquitous Applications.** In: Product Focused Software Process Improvement, 2004.

ROCHA, L. C.; ANDRADE, R. M. C.; SAMPAIO, A. L.; DANTAS, V. L. L. **Heuristics to evaluate the usability of Ubiquitous Systems**. In: Proceedings 19th International Conference on Human-Computer Interaction - HCII, Vancouver., 2017.

ROCHA, H. V.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Campinas, SP: NIED/UNICAMP, 2003.

ROCHA, L. S. **AdaptiveRME e AspectCompose: Um Middleware Adaptativo e um Processo de Composição Orientado a Aspectos para o Desenvolvimento de Software Móvel e Ubíquo**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, 2007.

ROCHA, L. S. *et al.* **Ubiquitous Software Engineering: Achievements, Challenges and Beyond**. Simpósio Brasileiro em Engenharia de Software, 2011.

RONCAGLIOLO, S. *et al.* **Grid Computing Usability Heuristics in Practice**. In: Proc. Information Technology: New Generations (ITNG), 2011.

RUBIN, J. **Handbook of Usability Testing**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994.

RUSU, C. *et al.* **A methodology to establish usability heuristics**. Proc. 4th International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2011), IARIA, 2011. p. 59-62.

SANTOS, I. S.; DANTAS, V. L. L.; SANTOS, R. M.; ANDRADE, R. M. C. **Testes de Aplicações Móveis: Uma Análise das Pesquisas Científicas via Revisão Sistemática**. In: XI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, Fortaleza, 2012.

SANTOS, I. S.; ANDRADE, R. M. C.; SANTOS NETO, P. A. **Templates for textual use cases of software product lines: results from a systematic mapping study and a controlled experiment**. Journal of Software Engineering Research and Development, v. 3, 2015. p. 5.

SANTOS R. M.; OLIVEIRA K. M.; ANDRADE R. M. C.; SANTOS Y. S.; LIMA E. R. **A Quality Model for Human-Computer Interaction Evaluation in Ubiquitous Systems**. CLIHC - Guanacaste, Costa Rica, 2013.

SANTOS, R. M. **Características e Medidas de Software para Avaliação da Qualidade da Interação Humano-Computador em Sistemas Ubíquos**. Dissertação de Mestrado - Mestrado em Ciência da Computação - Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2014.

SANZ, F. *et al.* **A Set of Usability Heuristics and Design Recommendations for u-Learning Applications**. In: Information Technology: new Generations, Springer International Publishing, 2016. p. 983–993.

SATYANARAYANAN, M. **Pervasive computing: vision and challenges**. IEEE Personal Communications, v. 8, n. 4, 2001. p. 10–17.

SCHMIDT, A. **Implicit Human Computer Interaction Through Context**. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 4, n. 2, 2000. p. 191–199.

SCHMIDT A. **The Encyclopedia of Human-Computer Interaction**. 2ª ed., cap. 14. 2013. Disponível em: http://www.interaction-design.org/encyclopedia/context-aware_computing.html . Acesso em: 27/10/2017.

SCHOLTZ, J. Usability Evaluation, In National Institute of Standards, and Technology, 2004.

SCHOLTZ, J.; CONSOLVO, S. Toward a Framework for Evaluating Ubiquitous Computing Applications. In IEEE Pervasive Computing, vol. 3, no. 2, 2004. p. 82-88.

SHARP, H.; ROGERS, Y.; PREECE, J. **Interaction design: beyond human-computer interaction**. 2ª edição, New York, NY: John Wiley & Sons, 2007.

SMITH, H.; FINGAR, P. **Business Process Management: The Third Wave**. 1st ed. Florida, USA: Meghan-Kiffer Press, 2003. 311 p.

SOLANO, A. *et al.* **Usability Heuristics for Interactive Digital Television**. In: Proc. Third International Conference on Advances in Future Internet, Saint Laurent du Var, France, 2011.

SPÍNOLA, R. O.; MASSOLLAR, J.; TRAVASSOS, G. **Checklist to characterize ubiquitous software projects**. Anais do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2007. p. 39–55.

VARSALUOMA, J. **Scenarios in the Heuristic Evaluation of Mobile Devices: Emphasizing the Context of Use**. In: Proc. 1st International Conference on Human Centered Design: Held as Part of HCI International, 2009. p. 332 – 341.

WEISER, M. **The computer for the 21st century**. In Scientific American, 1991.

WEISER, M.; BROWN, J. S. **The coming age of calm technology**. In: Denning, P.J., Metcalfe, R.M. (eds.) Beyond Calculation. Copernicus, New York, 1997.

WOHLIN, C. **Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering**. In: 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering, 2014. p. 1–10.

YAU, S.S., YU, W., KARIM, F. **Development of situation-aware application software for ubiquitous computing environments**. In: Proc. 26th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2002. p. 233 – 238.

YU, P. *et al.* **Application mobility in pervasive computing: A survey**. Pervasive and Mobile Computing, v. 9, n. 1, 2013. p. 2–17.

ZUASNÁBAR, D. M. H.; GERMANO, J. S. E.; DA CUNHA, A.M. **Um ambiente de aprendizagem via www baseado em interfaces inteligentes para o ensino de engenharia**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2003.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO

O Termo de Consentimento utilizado no estudo empírico é apresentado a seguir.



Termo de Consentimento

O objetivo deste experimento é explorar o uso das heurísticas por especialistas em IHC. Por isto, convidamos você a colaborar com nossa pesquisa, composta das seguintes etapas:

1. Treinamento pré-experimento.
2. Execução das Avaliações Heurísticas.
3. Entrevista pós-experimento (*Focus Group*)

Para decidir sobre sua participação, é importante que você tenha algumas informações adicionais:

1. Os dados coletados serão acessados somente pela equipe desta pesquisa e pelos desenvolvedores das aplicações avaliadas. Durante as etapas da pesquisa serão utilizados recursos de gravação de áudio e vídeo, apenas para que possamos analisar com cuidado os dados coletados.
2. A publicação dos resultados de nossa pesquisa – exclusivamente para fins acadêmicos – pauta-se no respeito à privacidade, e o anonimato dos participantes é preservado em quaisquer documentos que elaborarmos.
3. O consentimento para participação é uma escolha livre e esta participação pode ser interrompida a qualquer momento, caso você precise ou deseje.

De posse das informações acima, você:

<p>Consinto em participar.</p> <p>Participante:</p> <p>_____</p> <p>Assinatura:</p> <p>_____</p>

Pesquisadora: <nome do pesquisador>

<local>, <data>.

APÊNDICE B – PLANILHA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA (ITENS)

A planilha utilizada no primeiro dia do estudo empírico utilizou itens de verificação (em formato de perguntas) para cada uma das definições das heurísticas. Além disso, o reporte dos problemas aconteceu na própria planilha, conforme apresentada a seguir.

PLANILHA DE AVALIAÇÃO HEURÍSTICA (HUBis) -Itens de Verificação-							
Marca/Modelo do dispositivo:							
Aplicação avaliada:							
Tempo da avaliação:							
ID	Heurísticas	Itens de Verificação	Sim	Não	N/A	Descrição do Problema	
HUBis' 1	Comunicação calma	O sistema dá um feedback para o usuário somente quando necessário ou quando solicitado?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		Quando o sistema dá o feedback para o usuário, ele realiza isso de forma que não atrapalhe a atividade corrente do usuário?					Local onde ocorre:
							Descrição:
							Severidade:
		A aplicação apresenta exatamente a informação que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos?					Local onde ocorre:
							Descrição:
							Severidade:
		A comunicação é feita de forma clara, objetiva e breve, usando tom, emoção apropriada e elementos naturalmente calmos?					Local onde ocorre:
							Descrição:
							Severidade:
Caso a comunicação se trate de uma mensagem de erro, a mensagem indica com precisão o problema e sugere uma solução?					Local onde ocorre:		
					Descrição:		
					Severidade:		
HUBis' 2	Correspondência entre a aplicação e o mundo real	Os elementos e conceitos da aplicação são familiares aos usuários, de modo a passar confiança?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		A visualização das informações e posicionamento dos componentes são consistentes com o mundo real, fazendo com que a informação pareça lógica e natural?					Local onde ocorre:
							Descrição:
							Severidade:

ID	Heurísticas	Itens de Verificação	Sim	Não	N/A	Descrição do Problema		
HUBis' 3	Liberdade do usuário	A aplicação deixa o usuário à vontade para responder às interações, sem pressioná-lo?				Local onde ocorre:		
						Descrição:		
						Severidade:		
			A aplicação dá a opção para o usuário responder ou ignorar as interações?				Local onde ocorre:	
							Descrição:	
							Severidade:	
	O usuário tem liberdade com a aplicação ao ponto de não querer abandonar o uso dela?				Local onde ocorre:			
					Descrição:			
					Severidade:			
HUBis' 4	Consistência e padrões	As interfaces da aplicação, interações ou adaptações ao contexto são consistentes e seguem um padrão?				Local onde ocorre:		
						Descrição:		
						Severidade:		
HUBis' 5	Prevenção de erros	A aplicação está preparada para prevenir que erros ocorram?				Local onde ocorre:		
						Descrição:		
						Severidade:		
			A aplicação mantém suas funcionalidades quando utilizada em condições adversas?				Local onde ocorre:	
							Descrição:	
							Severidade:	
HUBis' 6	Personalização	A aplicação dá a possibilidade ao usuário de personalizar configurações de acordo com suas necessidades e experiências?				Local onde ocorre:		
						Descrição:		
						Severidade:		
			A aplicação dá a possibilidade de criar múltiplos perfis e alterná-los automaticamente em função do contexto do usuário?				Local onde ocorre:	
							Descrição:	
							Severidade:	
HUBis' 7	Mínima necessidade de ajuda e documentação	A aplicação é intuitiva ao ponto de não necessitar de ajuda ou documentação?				Local onde ocorre:		
						Descrição:		
						Severidade:		
			Caso seja necessário ajuda, essa está facilmente acessível, centrada na atividade atual do usuário?				Local onde ocorre:	
							Descrição:	
							Severidade:	

Legenda: N/A – Não se aplica

ID	Heurísticas	Itens de Verificação	Sim	Não	N/A	Descrição do Problema	
HUBis' 8	Esforço mínimo	A aplicação atinge facilmente o objetivo pretendido?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		Para atingir seu objetivo, a aplicação utiliza de forma eficiente os esforços e recursos necessários?					Local onde ocorre:
Descrição:							
Severidade:							
HUBis' 9	Mobilidade e Dispositivos Móveis	A aplicação mantém seu funcionamento de acordo com o deslocamento físico do usuário?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		A aplicação contorna as limitações dos dispositivos móveis durante seu uso, sem causar transtornos?					Local onde ocorre:
Descrição:							
Severidade:							
HUBis' 10	Privacidade e Segurança	A aplicação mantém as informações salvas e protegidas, em qualquer contexto de uso?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		As informações são transportadas e armazenadas de forma segura?					Local onde ocorre:
Descrição:							
Severidade:							
HUBis' 11	Invisibilidade e Transparência	A aplicação, e todo o sistema que ela faz parte, faz uso de interfaces naturais de interação, de forma que os usuários não se preocupem com os componentes computacionais?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
HUBis' 12	Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas	A aplicação reage de acordo com o contexto do usuário, o contexto temporal e o contexto do dispositivo?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		Interfaces se adaptam ao contexto quando necessário, e trazem apenas informações relevantes?					Local onde ocorre:
Descrição:							
Severidade:							
HUBis' 13	Sensores e entradas de dados	A entrada de dados, seja dada pelo usuário ou captada através de sensores, está sendo eficaz e acontecendo de forma natural para o usuário?				Local onde ocorre:	
						Descrição:	
						Severidade:	
		A aplicação está funcionando corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes?					Local onde ocorre:
Descrição:							
Severidade:							

APÊNDICE C – PLANILHA “DESCRIÇÃO DAS HUBIS”

A planilha utilizada no segundo dia do estudo empírico utilizou a própria descrição das heurísticas para a avaliação e é apresentada a seguir.

<i>DESCRIÇÃO DAS HUBIS</i>					
Marca/Modelo do dispositivo:					
Aplicação avaliada:					
Tempo da avaliação:					
ID	Heurísticas	Descrição	Sim	Não	N/A
HUBIS’ 1	Comunicação calma	O sistema deve informar aos usuários sobre o que está acontecendo somente quando necessário ou quando solicitado, de forma que não atrapalhe as atividades principais do usuário. O sistema deve apresentar exatamente a informação que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos. A comunicação deve ser clara, objetiva e breve, usando tom, emoção apropriada e elementos naturalmente calmos. Caso se trate de uma mensagem de erro, deve se indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução.			
HUBIS’ 2	Correspondência entre a aplicação e o mundo real	A aplicação deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário e de modo a passar confiança. As convenções do mundo real devem ser seguidas, fazendo com que a informação pareça lógica e natural.			
HUBIS’ 3	Liberdade do usuário	O usuário não deve se sentir pressionado a realizar qualquer tarefa, ele tem que ter a opção de interagir ou não com a aplicação. Quando a aplicação interagir com o usuário em um determinado contexto, o usuário não deve se sentir obrigado a responder à interação e deve ter a opção de ignorá-la. O usuário não pode se sentir controlado nem sobrecarregado pela aplicação, para que o usuário não a abandone.			
HUBIS’ 4	Consistência e padrões	As interfaces da aplicação, as formas de interagir ou de se adaptar ao contexto, devem ser consistentes e seguir um padrão para facilitar o uso do sistema pelo usuário.			
HUBIS’ 5	Prevenção de erros	É preciso conhecer as situações que mais provocam erros e modificar as interfaces e interações para que estes erros não ocorram. Além disso, a aplicação deve ser capaz de manter suas funcionalidades quando utilizada em condições adversas.			

ID	Heurísticas	Descrição	Sim	Não	N/A
HUBis' 6	Personalização	A aplicação deve dar a possibilidade ao usuário de personalizar configurações de acordo com suas necessidades e experiências.			
HUBis' 7	Mínima necessidade de ajuda e documentação	O ideal é que a aplicação seja tão fácil de usar (intuitiva) que não necessite de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível, centrada na atividade atual do usuário. As orientações para a ajuda devem ser objetivas e não muito grandes.			
HUBis' 8	Esforço mínimo	O usuário deve atingir facilmente o objetivo pretendido. Utilizando de forma eficiente o esforço e recursos necessários.			
HUBis' 9	Mobilidade e Dispositivos Móveis	Aplicações ubíquas devem se adequar ao deslocamento físico do usuário e às limitações dos dispositivos móveis. Aspectos como, conexão sem fio, conexão entre dispositivos, tela pequena, capacidades de hardware e de memória limitadas e capacidade de energia limitada são fatores que a aplicação precisa contornar e ser natural para o usuário, sem causar transtornos.			
HUBis' 10	Privacidade e Segurança	A aplicação deve ser capaz de manter as informações salvas e protegidas, de forma que não haja risco de danos em um contexto de uso específico. As informações devem ser transportadas e armazenadas de forma segura, assim como os controles de acesso da aplicação.			
HUBis' 11	Invisibilidade e Transparência	A aplicação deve ser capaz de esconder componentes computacionais para que os usuários não se preocupem com eles. As interações devem acontecer através de interfaces naturais.			
HUBis' 12	Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas	A aplicação ubíqua deve reagir de acordo com o contexto em que o usuário se encontra, de forma pontual. Interfaces devem se adaptar a esse contexto e trazer apenas informações relevantes a ele.			
HUBis' 13	Sensores e entradas de dados	Deve ser verificado se a entrada de dados, seja dada pelo usuário ou captada através de sensores, está sendo eficaz e acontecendo de forma natural para o usuário. A aplicação deve funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.			

Legenda: N/A – Não se aplica

APÊNDICE D – RELATÓRIO DE REGISTRO DE PROBLEMAS

O registro dos problemas de usabilidade identificados no segundo dia foi realizado em um relatório separado da planilha de avaliação (Apêndice C) e é apresentado a seguir.

REGISTRO DE PROBLEMAS Avaliação Heurística em Sistemas Ubíquos

Para cada problema, reportar:

- ID da Heurística
- Local onde ocorre;
- Severidade (1 a 4);
- Descrição.

Severidades:

- 1 - Problema Estético: não precisa ser reparado, a menos que haja tempo extra no projeto.
- 2 - Problema Pequeno: deve ser resolvido, com baixa prioridade.
- 3 - Problema Grande: é importante repará-lo. Deve ser resolvido com alta prioridade.
- 4 - Problema Catastrófico: é imperativo repará-lo antes do lançamento do produto.

Reporte dos Problemas	
ID da Heurística	
Local onde ocorre	
Severidade	
Descrição	
Nome da Heurística	
Local onde ocorre	
Severidade	
Descrição	

APÊNDICE E – PROBLEMAS DA APLICAÇÃO GREAT MUTE

Nesse relatório estão os problemas de usabilidade identificados na aplicação GREAtMute em decorrência das avaliações heurísticas realizadas no estudo empírico. Eles foram separados em problemas de usabilidade e problemas de funcionalidade e são apresentados a seguir.

Tabela 14 – Problemas de usabilidade identificados na GREAt Mute

Problemas de Usabilidade Identificados	
Problema	ID do Participante
Elementos da tela não estão claros, a aplicação não informa sobre o botão para ligar e desligar, não há explicações dos demais botões na tela.	P1
Não foram observadas mensagens de erro.	P1
Elemento de ligar e desligar a aplicação está difícil de encontrar.	P1
Não consigo entender a aplicação, ela deixa várias dúvidas de como utilizá-la, como ligar, com o que ela vai ser sincronizada.	P1
Não tem ajuda na aplicação. Sugeriu colocar um tutorial de uso na primeira vez que usar, logo após instalar.	P1
O significado do botão de ligar e desligar não corresponde a sua funcionalidade.	P2
O switch para ligar a aplicação se encontra em uma tela diferente da tela principal, que seria a de incluir as tags.	P2
Aplicação não possui ajuda.	P2
O sistema não dá feedback ao usuário durante o uso da aplicação.	P2
Não apresentou mensagens de erro quando problemas ocorriam.	P2
Há funcionalidade que depende do GPS e o usuário é quem tem que ir lá ligar.	P2
O feedback da aplicação é calmo até demais, não informando ao usuário qualquer aviso para ele entender que ficou no silencioso.	P3
Quando eu tento inserir uma tag já existente, a aplicação não lança nenhuma mensagem de erro.	P3
As tags parecem estar ordenadas de forma aleatória. Se existir um grande número de tags será difícil do usuário encontrar alguma.	P3
Caso o usuário não queria que a aplicação fique no silencioso naquele momento, a aplicação não dá a possibilidade dele rejeitar.	P3
Se o usuário clicar sem querer para ir à tela do switch, quando ele clicar para voltar a aplicação fecha.	P3
Não dá a possibilidade de configurar para que a aplicação fique no modo vibrar, ao invés do silencioso.	P3
Um tutorial de primeiro acesso é necessário. Não necessariamente uma documentação.	P3

Tabela 15 – Problemas de usabilidade identificados na GREat Mute (Continuação)

Problema	ID do Participante
Na tela inicial existe um ícone com 3 pontos, dando a impressão de ser as configurações ou menu do sistema, quando não era.	P4
O usuário sentiu falta de um feedback quando o celular entra no silencioso, para que usuários que não conheçam a aplicação sintam-se seguros em usá-la.	P4
Na tela inicial, ao desligar a aplicação na opção “switch” não é informado nada ao usuário. Seria interessante uma mensagem para o usuário ficar ciente.	P4
Quando o usuário seleciona um evento recorrente, ele sentiu falta de aparecer mais informações sobre ele, caso queira excluí-lo, confirmar horário e dias da semana.	P4
Não existe a opção editar recorrente. Para modificar é preciso excluir e incluir um novo.	P4
A palavra tag pode não ser familiar para qualquer usuário, visto que a aplicação pode ser usada por pessoas não acostumadas com esse termo. Poderia ser melhor associada ao mundo real.	P5
Na opção “+” da funcionalidade “Recorrente” não existe a opção Cancelar. Isto obriga o usuário a informar uma recorrência.	P5
O usuário só consegue retornar para a tela anterior pelo botão “voltar” do dispositivo. A opção Cancelar deveria ser padrão no sistema.	P5
O usuário sentiu falta de atalhos para funções mais frequentes, assim ele poderia configurar conforme suas necessidades, diminuindo a quantidade de toques para completar uma tarefa.	P5
O usuário sugeriu que as tags e eventos recorrentes que estejam ativos sejam destacados (por exemplo, utilizar uma fonte de outra cor), de acordo com os eventos confirmados no calendário do Google, facilitando a visualização desses eventos.	P5
A aplicação permite a inclusão de eventos com o mesmo nome, isto pode confundir o usuário.	P5
O aplicativo não possui ação de voltar para tela anterior.	P6
O sistema não dá nenhum feedback ao usuário quando ele entra ou sai do modo silencioso.	P6
Não é possível visualizar ou editar os eventos recorrentes criados.	P6
O usuário sentiu falta de um ícone que acesse o calendário, evitando que o usuário saia da aplicação e facilitando e trazendo agilidade para a tarefa.	P7
Quando o dispositivo é colocado na horizontal, a aplicação não acompanha o movimento, ou seja, não tem rotação de tela.	P7
Na tela de Recorrentes, o teclado sobrepõe a opção “Confirmar”, obrigando o usuário a utilizar a opção “Voltar” do dispositivo para então conseguir visualizar a opção de “Confirmar”.	P7
O usuário sentiu falta de um ícone “X” para facilitar a ação de exclusão de um contato ou evento.	P7

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 15 – Problemas de funcionalidade identificados na GREat Mute

Problemas de Funcionalidade identificados	
Problema	ID do Participante
O sistema não respondeu a solicitação da agenda no tempo correto. Os horários de sincronização estão com erros.	P1
Ocorreu o erro de colocar a aplicação no silencioso e ela não retornar ao normal.	P1
Aplicação limitada a uma só função.	P1
Aplicação não conseguiu atingir seus objetivos.	P1
Não consegui usar a aplicação, não funcionou.	P2
A aplicação não captou os dados da agenda do google.	P2
Quando o evento terminou a aplicação não voltou ao normal.	P3
Ao criar um evento recorrente ele não está aparecendo de imediato no tela.	P4
Onde deveria ser a ajuda do sistema “Help” está aparecendo a funcionalidade Recorrentes.	P4
Ao selecionar um contato aparece 2 vezes o número.	P4
O sistema permite incluir o mesmo contato mais de uma vez.	P4
Ao adicionar o horário 1:00, o sistema modifica para 1:0.	P4
Ao selecionar o botão “+” e selecionar o “Adicionar” sem preencher o campo para informar o nome da tag, o sistema exibe a mensagem: “A palavra já existe”.	P5
Onde deveria ser a ajuda do sistema “Help” está aparecendo a funcionalidade Recorrentes.	P5
O dispositivo ficou no silencioso no horário programado, porém não foi retirado do silencioso no horário de término do evento. Sugestão: ao desativar o modo silencioso, o dispositivo deveria vibrar para avisar o usuário.	P5
Ao criar um evento recorrente ele não está aparecendo de imediato no tela.	P5
O dispositivo ficou no silencioso no horário programado, porém não foi retirado do silencioso no horário de término do evento.	P6
Na tela de Recorrentes, ao criar um evento ele não está aparecendo de imediato no tela.	P7

Fonte: elaborada pelo autor.

APÊNDICE F – PLANILHA FINAL DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Essa é a planilha de avaliação heurística a ser utilizada com a nova versão das HUBis. É sugerida sua utilização através do guia de uso proposto. A planilha é apresentada a seguir.

AVALIAÇÃO HEURÍSTICA COM Hubis					
Marca/Modelo do dispositivo:					
Aplicação avaliada:					
Tempo da avaliação:					
ID	Heurísticas	Descrição	Sim	Não	N/A
HUBis 1	Visibilidade do status do sistema	O sistema deve sempre fornecer um feedback ao usuário em resposta a uma interação realizada. Esse feedback não deve atrapalhar o usuário em sua atividade corrente nem sobrecarregar o usuário de informações, mas deve existir na forma de uma mudança perceptível em alguma das modalidades de interação da interface.			
HUBis 2	Correspondência entre a aplicação e o mundo real	O sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, símbolos, conceitos e interações familiares ao usuário, ao invés de termos orientados ao sistema. Deve-se seguir as convenções do mundo real, fazendo com que a informação pareça lógica e natural e atingindo facilmente o objetivo pretendido.			
HUBis 3	Controle do usuário e liberdade	O usuário deve se sentir livre para interagir ou não com a aplicação. Quando o usuário desejar interagir com o sistema, ele deve estar no controle, podendo a qualquer momento abortar uma tarefa ou desfazer uma operação e retornar ao estado anterior. Quando a aplicação interagir com o usuário em um determinado contexto, o usuário não deve se sentir obrigado a responder à interação e deve ter a opção de ignorá-la, de modo a manter o foco na sua atividade corrente. Todas essas ações devem estar claramente demarcadas no sistema e sua visualização, caso haja, deve manter o padrão em toda a aplicação.			
HUBis 4	Consistência e padrões	As interfaces da aplicação, as entradas de dados, as formas de interagir ou de se adaptar ao contexto, devem ser consistentes e seguir convenções e padrões familiares ao usuário, para que o software possa ser entendido, aprendido e utilizado.			

ID	Heurísticas	Descrição	Sim	Não	N/A
HUBis 5	Prevenção de erros	É preciso conhecer as situações que mais provocam erros e modificar as interfaces e interações para que os usuários não cometam estes erros ao interagir com a aplicação. Além disso, a aplicação deve ser capaz de manter seus serviços e desempenho sempre disponíveis quando utilizada por um ou vários usuários, em condições específicas ou adversas.			
HUBis 6	Reconhecimento ao invés de memorizar	O sistema deve minimizar a carga de memória do usuário quando houver um diálogo ou interação disponível, tornando os objetos, ações e opções disponíveis visíveis a pelo menos um dos sentidos do usuário, possibilitando alternativas de interações.			
HUBis 7	Flexibilidade e Eficiência do uso	A aplicação deve fornecer atalhos para acelerar a interação, de forma a reduzir o esforço necessário para atingir o objetivo pretendido, principalmente para o usuário avançado. A completude da funcionalidade precisa ser mantida ao utilizar atalhos ou não. Além disso, o sistema deve ser flexível, dando a possibilidade ao usuário de personalizar configurações de acordo com suas necessidades e experiências.			
HUBis 8	Estética e Design Minimalista	Os diálogos devem conter apenas informações relevantes e necessárias, nem mais e nem menos. Cada unidade extra de informação em um diálogo compete com unidades de informação relevantes. A sequência da interação e o acesso aos componentes e funcionalidades devem estar disponíveis dependendo do contexto, de forma simples e natural.			
HUBis 9	Ajude os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros	Mensagens de erro devem ser simples e expressas em linguagem clara (sem códigos), indicar com precisão o problema e construtivamente sugerir uma solução. Além de textos, as mensagens podem ser apresentadas em outros formatos disponíveis em dispositivos móveis, como por exemplo, imagem, áudio, vibração. As mensagens de erro devem orientar com cautela o usuário, sem estressá-lo, de forma que o usuário não desista da utilização do sistema.			
HUBis 10	Ajuda e documentação	O ideal é que a aplicação seja tão fácil de usar (intuitiva) que não necessite de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível, centrada na atividade atual do usuário. As orientações para a ajuda devem ser simples e objetivas.			

ID	Heurísticas	Descrição	Sim	Não	N/A
HUBis 11	Mobilidade e dispositivos	Aplicações ubíquas devem manter suas funcionalidades com o deslocamento físico do usuário e em dispositivos com capacidades diferentes. Aspectos como, rede sem fio, conexão entre dispositivos, tamanho da tela, capacidade de hardware e capacidade de energia limitadas são fatores que a aplicação precisa levar em consideração para se ajustar durante o uso, sem causar transtornos pra o usuário.			
HUBis 12	Privacidade e Segurança	A aplicação deve ser capaz de manter as informações salvas e protegidas, de forma que não haja risco de danos em um contexto de uso específico. As informações devem ser transportadas e armazenadas de forma segura, assim como os controles de acesso da aplicação.			
HUBis 13	Invisibilidade e Transparência	O sistema deve ser capaz de esconder componentes computacionais para que os usuários não se preocupem com eles. As interações devem acontecer através de interfaces naturais.			
HUBis 14	Sensibilidade ao contexto e interfaces adaptativas	A aplicação ubíqua deve reagir de acordo com o contexto do usuário, o contexto temporal e o contexto do dispositivo. Interfaces devem se adaptar a esses contextos e trazer apenas informações relevantes de forma a facilitar o uso do sistema.			
HUBis 15	Sensores e entradas de dados	Deve ser verificado se a entrada de dados, seja dada pelo usuário ou captada através de sensores, está sendo eficaz e acontecendo de forma natural para o usuário. A aplicação deve funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.			

Legenda: N/A – Não se aplica

APÊNDICE G – DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS HUBIS

Aceitabilidade

Representa a vontade para usar um aplicativo e as taxas de utilização

Adaptação

Capacidade do sistema de captar o ambiente e adaptar a apresentação das informações de acordo.

Atenção

Habilidade de manter a atenção do usuário para sua atividade principal e não no sistema e na tecnologia envolvida.

Capacidade do Dispositivo

Propriedades do dispositivo onde a aplicação será executada: tamanho da tela, intensidade da cor, vida da bateria.

Capacidade da rede

Representa a coleta de informações de infraestrutura de rede: força do sinal, delay, jitter.

Calma

Habilidade do sistema de prevenir os usuários de se sentirem sobrecarregados por informações.

Confiabilidade

A capacidade do software de manter um nível específico de desempenho quando utilizado sob condições específicas.

Confiança

É a crença do usuário que o sistema utilizará seus dados apropriadamente e não causará nenhum dano. Implica questões de consciência, privacidade e controle.

Disponibilidade

O serviço está sempre disponível, independentemente de hardware, software ou falhas do usuário, é muitas vezes tida como certa até que o tempo de inatividade ocorre.

Eficácia

Refere-se à completude na realização de tarefas.

Eficiência

Refere-se à quantidade de esforço e recursos necessários para se chegar a um determinado objetivo no sistema.

Entrada de Dados

Verifica se as diferentes formas de fornecer entrada de dados ao sistema são agradáveis ao usuário.

Escalabilidade

Habilidade de prover serviços para poucos ou um grande número de usuários.

Facilidade de uso

O sistema deve ser fácil para o uso por um grupo alvo de usuários.

Familiaridade

As interações do usuário com o sistema devem melhorar a qualidade do seu trabalho. O usuário deve ser tratado com respeito. O projeto deve ser esteticamente prazeroso.

Flexibilidade

Configurações para facilitar o uso tanto para usuários novatos como experientes.

O sistema deve fornecer opções de configurações básicas e avançadas, permitir a personalização de atalhos para ações frequentes.

Interconectividade

Rede interconectada entre dispositivos permite compartilhar informações.

Mobilidade

Capacidade do sistema de prover aos usuários acesso contínuo aos recursos e informações, independente de sua localização dentro do limite dos sistemas.

Posicionamento dos componentes Os componentes presentes na interface tem seu posicionamento de forma a agradar os usuários.

Previsibilidade

Habilidade de, a partir de experiências passadas, prever o resultado da execução do sistema.

Privacidade

Habilidade de manter informações e dados protegidos.

Proteção

O nível de risco de danos a pessoas, negócios, software, hardware, bens ou o ambiente em um contexto de uso especificado.

Robustez

Grau com que um sistema ou componente pode funcionar corretamente na presença de entradas inválidas ou condições ambientais estressantes.

Satisfação do Usuário

O grau de aceitação do usuário e quão atrativo o sistema é para o usuário.

Segurança

A proteção do transporte e armazenamento de informações e controles de segurança de quem pode acessar, utilizar e/ou modificar informações de contexto.

Sensibilidade ao contexto

Capacidade do sistema de perceber informações contextuais proativamente e adaptar suas funcionalidades.

Simplicidade

A interface do usuário e as instruções são simples.

Transparência

Habilidade do sistema de esconder componentes computacionais e, assim, os usuários podem não estar cientes dos mesmos. Além disso, a interação é executada através de interfaces naturais.

Usabilidade

A capacidade do software de ser entendido, aprendido, utilizado e atrativo para o usuário, quando utilizado sob condições específicas

Utilidade

Habilidade de oferecer utilidade para o usuário. Fornecer uma contribuição para o usuário que antes do sistema não estava disponível.

Visualização das informações

A forma de apresentação das informações na tela está de forma consistente com o que se espera.

**APÊNDICE H – COMPARAÇÃO DAS HEURÍSTICAS DOS TRABALHOS
RELACIONADOS EM RELAÇÃO ÀS HN E ÀS HUBIS**

Kemp, Thompson e Johnson (2008)				
ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
1	"Visibility of System Status - The system should always keep user informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time."	Sim	HN 1	Hubis 1
2	"Match between system and the real world - The system should speak the user's language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms."	Sim	HN 2	Hubis 2
3	"User control and freedom - The system should support a user driven approach. Users should be able to easily escape from places they unexpectedly find themselves in."	Sim	HN 3	Hubis 3
4	"Consistency and standards - The ways of performing similar actions should be consistent throughout the system."	Sim	HN 4	Hubis 4
5	"Recognition rather than recall - Make objects, actions and options visible. The user should not have to remember information from one part of the dialogue to another."	Sim	HN 6	Hubis 6
6	"Error prevention - Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place."	Sim	HN 5	Hubis 5
7	"Flexibility and efficiency of use - The system should be accessible from anywhere. Is the system portable and reusable for the user?"	Sim	HN 7	Hubis 7
8	"Aesthetic and minimalist design - The system needs to follow the 'just-in-time, just-enough' functionality rather than 'just-in-case'. The user should not be presented with any unnecessary or irrelevant information."	Sim	HN 8	Hubis 8
9	"Help and documentation - Help information should be provided that can be easily searched and easily followed by the user. The help should be able to provide context specific help when it is requested."	Sim	HN 10	Hubis 10

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
10	"Updates - Updates should be available to the user on a regular basis?"	Não	-	-
11	"Timeliness -The tasks required by the user should be able to be completed in the least amount of time, without time being wasted by technology."	Sim	HN 7 e 8	Hubis 7 e 8
12	"Ease of use - The system should be easy to use for the target user group. The system should provide support for the user in their learning."	Sim	HN 2 e 10	Hubis 2, 10 e 14
13	"Unique to the online medium - The system should provide benefits to users that enhance their learning ability compared what they could achieve with printbased learning material?"	Não	-	-
14	"Focus - The system technology should 'blend into the background' and allow the users to focus solely on learning."	Não	-	-
15	"Familiarity - The user's interactions with the system should enhance the quality of their work. The user should be treated with respect. The design should be aesthetically pleasing with artistic as well as functional value."	Sim	HN 2 e 4	Hubis 2 e 4
16	"Awareness - The system should provide ease of communication for multiple users without colliding with the activities of others."	Sim	-	Hubis 14
17	"Effectiveness - The system needs to be able to support users and their learning requirements. Therefore, users should be able to easily and effectively carry out their tasks."	Sim	HN 7	Hubis 7
18	"Trust/ethics/responsibility - The system should help the user to protect personal or private information."	Sim	-	Hubis 12

Bertini, Gabrielli e Kimani (2006)				
ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
1	"Heuristic 1 - Visibility of system status and losability/findability of the mobile device: Through the mobile device, the system should always keep users in formed about what is going on. Moreover, the system should prioritize messages regarding critical and contextual information such as battery status, network status, environmental conditions, etc. Since mobile devices often get lost, adequate measures such as encryption of the data should be taken to minimize loss. If the device is misplaced, the device, system or application should make it easy to find it back."	Sim	HN 1	Hubis 1
2	"Heuristic 2 - Match between system and the real world: Enable the mobile user to interpret correctly the information provided, by making it appear in a natural and logical order; whenever possible, the system should have the capability to sense its environment and adapt the presentation of information accordingly."	Sim	HN 2	Hubis 2
3	"Heuristic 3 - Consistency and mapping: The user's conceptual model of the possible function/interaction with the mobile device or system should be consistent with the context. It is especially crucial that there be a consistent mapping between user actions/interactions (on the device buttons and controls) and the corresponding real tasks (e.g. navigation in the real world)."	Sim	HN 4	Hubis 4
4	"Heuristic 4 - Good ergonomics and minimalist design: Mobile devices should be easy and comfortable to hold/carry along as well as robust to damage (from environmental agents). Also, since screen real estate is a scarce resource, use it with parsimony. Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed."	Sim	HN 8	Hubis 8

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
5	<p>"Heuristic 5 - Ease of input, screen readability and glancability: Mobile systems should provide easy ways to input data, possibly reducing or avoiding the need for the user to use both hands. Screen content should be easy to read and navigate through notwithstanding different light conditions. Ideally, the mobile user should be able to quickly get the crucial information from the system by glancing at it."</p>	Sim	HN 6	Hubis 6 e 15
6	<p>"Heuristic 6 - Flexibility, efficiency of use and personalization: Allow mobile users to tailor/personalize frequent actions, as well as to dynamically configure the system according to contextual needs. Whenever possible, the system should support and suggest system based customization if such would be crucial or beneficial."</p>	Sim	HN 7	Hubis 7
7	<p>"Heuristic 7 - Aesthetic, privacy and social conventions: Take aesthetic and emotional aspects of the mobile device and system use into account. Make sure that user's data are kept private and safe. Mobile interaction with the system should be comfortable and respectful of social conventions."</p>	Sim	HN 2	Hubis 2, 8, 12
8	<p>"Heuristic 8 - Realistic error management: Shield mobile users from errors. When an error occurs, help users to recognize, to diagnose, if possible to recover from the error. Mobile computing error messages should be plain and precise. Constructively suggest a solution (which could also include hints, appropriate FAQs, etc). If there is no solution to the error or if the error would have negligible effect, enable the user to grace fully cope with the error. "</p>	Sim	HN 5 e 9	Hubis 5 e 9

Machado Neto e Pimentel (2013)				
ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
1	"1. Use of screen space - The interface should be designed so that the items are neither too distant, nor too stuck. Margin spaces may not be large in small screens to improve information visibility. The more related the components are, the closer they must appear on the screen. Interfaces must not be overwhelmed with a large number of items."	Sim	HN 8	Hubis 8
2	"2. Consistency and standards - The application must maintain the components in the same place and look throughout the interaction, to facilitate learning and to stimulate the user's short-term memory. Similar functionalities must be performed by similar interactions. The metaphor of each component or feature must be unique throughout the application, to avoid misunderstanding."	Sim	HN 4	Hubis 4
3	"3. Visibility and easy access to all information - All information must be visible and legible, both in portrait and in landscape. This also applies to media, which must be fully exhibited, unless the user opts to hide them. The elements on the screen must be adequately aligned and contrasted."	Sim	HN 6 e 8	Hubis 6, 8, 11
4	"4. Adequacy of the component to its functionality - The user should know exactly which information to input in a component, without any ambiguities or doubts. Metaphors of features must be understood without difficulty."	Sim	HN 4	Hubis 4
5	"5. Adequacy of the message to the functionality and to the user - The application must speak the user's language in a natural and non-invasive manner, so that the user does not feel under pressure [8]. Instructions for performing the functionalities must be clear and objective."	Sim	HN 2 e 3	Hubis 2 e 3

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
6	<p>"6. Error prevention and rapid recovery to the last stable state - The system must be able to anticipate a situation that leads to an error by the user based on some activity already performed by the user. When an error occurs, the application should quickly warn the user [9] and return to the last stable state of the application. In cases in which a return to the last stable state is difficult, the system must transfer the control to the user, so that he decides what to do or where to go."</p>	Sim	HN 5 e 3	Hubis 5 e 3
7	<p>"7. Ease of input The way the user provides the data can be based on assistive technologies, but the application should always display the input data with readability, so that the user has full control of the situation. The user should be able to provide the required data in a practical way."</p>	Sim	-	Hubis 15
8	<p>"8. Ease of access to all functionalities - The main features of the application must be easily found by the user, preferably in a single interaction. Most-frequently-used functionalities may be performed by using shortcuts or alternative interactions. No functionality should be hard to find in the application interface. All input components should be easily assimilated."</p>	Sim	HN 7 e 8	Hubis 7 e 8
9	<p>"9. Immediate and observable feedback - Feedback must be easily identified and understood, so that the user is aware of the system status. Local refreshments on the screen must be preferred over global ones, because those ones maintain the status of the interaction. The interface must give the user the choice to hide messages that appear repeatedly. Long tasks must provide the user a way to do other tasks concurrently to the task being processed. The feedback must have good tone and be positive and may not be redundant or obvious."</p>	Sim	HN 1	Hubis 1

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
10	"10. Help and documentation - The application must have a help option where common problems and ways to solve them are specified. The issues considered in this option should be easy to find."	Sim	HN 10	Hubis 10
11	"11. Reduction of the user's memory load The user must not have to remember information from one screen to another to complete a task. The information of the interface must be clear and sufficient for the user to complete the current task".	Sim	HN 6	Hubis 6

Inostroza et al. (2013)				
ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
1	"Visibility of system status - The device should keep the user informed about all the processes and state changes through feedback and in a reasonable time."	Sim	HN 1	Hubis 1
2	"Match between system and the real world - The device should speak the users' language instead of system-oriented concepts and technicalities. The device should follow the real world conventions and display the information in a logical and natural order."	Sim	HN 2	Hubis 2
3	"User control and freedom - The device should allow the user to undo and redo his actions, and provide clearly pointed "emergency exits" to leave unwanted states. These options should be preferably through a physical button or similar."	Sim	HN 3	Hubis 3
4	"Consistency and standards - The device should follow the established conventions, on condition that the user should be able to do things in a familiar, standard and consistent way."	Sim	HN 4	Hubis 4

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
5	"Error prevention - The device should hide or deactivate unavailable functionalities, warn users about critical actions and provide access to additional information."	Sim	HN 5	Hubis 5
6	"Minimize the user's memory load - The device should offer visible objects, actions and options in order to prevent users to memorize information from one part of the dialogue to another."	Sim	HN 6	Hubis 6
7	"Customization and shortcuts - The device should provide basic and advanced configuration options, allow definition and customization of (or to provide) shortcuts to frequent actions."	Sim	HN 7	Hubis 7
8	"Efficiency of use and performance - The device should be able to load and display the required information in a reasonable time and minimize the required steps to perform a task. Animations and transitions should be displayed smoothly."	Sim	HN 7	Hubis 7
9	"Aesthetic and minimalist design - The device should avoid displaying unwanted information in a defined context of use. "	Sim	HN 8	Hubis 8
10	"Help users recognize, diagnose, and recover from errors - The device should display error messages in a language familiar to the user, indicating the issue in a precise way and suggesting a constructive solution."	Sim	HN 9	Hubis 9
11	"Help and documentation - The device should provide easy-to-find documentation and help, centered on the user's current task and indicating concrete steps to follow."	Sim	HN 10	Hubis 10
12	"Physical interaction and ergonomics - The device should provide physical buttons or similar for main functionalities, located in recognizable positions by the user, which should fit the natural posture of the user's hands."	Sim	HN 4	Hubis 4, 6, 11

Moraveji e Soesanto (2012)				
ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
1	"1. Reveal Ability to Control Interruptions - Unpredictable interruptions compromise the control users have on their own focus. A branch of HCI deals primarily with addressing the problem of interruption. This heuristic asks whether or not an interface reveals settings to block, control, or temporarily disable interruptions during slideshows, presentations, phone calls, and other important attention-heavy tasks. This may include the practice of letting the user specify, "Don't show me this again," or "Would you like reminders about this in the future?"."	Sim	HN 3	Hubis 1, 3
2	"2. Reduce Feelings of Being Overwhelmed - Large datasets are very common in applications that have many users and social elements or use datasets on the web. In these instances, the possibility of introducing stressors exist by making users feel that they cannot control the amount of information or that they will never be 'finished' using the application. One's self-identity is threatened in these cases because a user may feel he or she isn't engaging enough with the application, isn't keeping up with other users, or has not added sufficient input. One can also feel overwhelmed from too many features or options."	Sim	HN 8	Hubis 8
3	"3. Acknowledge Human Interpretations of Time Passing - The progress bar indicates system progress to the user from the system's perspective. However, humans do not perceive time purely linearly; time is experienced as slower the longer one waits. This can induce stress by creating unpredictability or a lack of control over when one can use the system. One way to address this is to arrange longer processes to complete early on. Another technique is to distract users during waiting periods, with diverting stimuli."	Sim	HN 7	Hubis 7

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
4	<p>"4. Use Appropriate Tone and Emotion - Users engage computers with “overlearned social behaviors” such as politeness and reciprocity. When this fact is not acknowledged by the system, social stressors can be introduced where users are surprised by inappropriate tone or emotion. To mitigate this, designers can introduce human tone and conversational emotion when appropriate. Some examples include apologetic or funny acknowledgments of system or user errors. Polite requests (rather than demands) are another technique."</p>	Sim	HN 9	Hubis 9
5	<p>"5. Provide Positive Feedback to User Input and Events - Negative feedback (e.g. for invalid input, unavailable features, etc.) can induce stress by threatening one’s self-esteem or by triggering a feeling that users cannot provide the machine with the information it needs. Such feedback violates expected norms of conversational interaction with social agents, further inducing stress by being unpredictable. A current norm among application designers is to give feedback on operator errors, not successes. By simplifying tasks and acknowledging successes, user interfaces can build confidence and resilience to stress in their users (e.g. “Thanks for filling out the form” and “You successfully updated the application”). By pointing out common mistakes, users can realize they are part of a group with similar experiences and may not feel threatened (e.g. “74% of people had errors filling out this form - but not you!” or “18 other members made the same simple mistake this hour – no worries!”)."</p>	Sim	HN 1 e 9	Hubis 1 e 9

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
6	<p>"6. Encourage Prosocial Interaction - Social stressors include instances where users imagine how they appear to others and that image violates their desires or expectations. Increasingly, applications with social components have greater potential for stress as users manage self-presentation. Simple ways of communicating prosocial interactions (e.g. "Likes" "Retweets", and "Mentions", "+1") can help mitigate the effect of such stressors."</p>	Não	-	-
7	<p>"7. Relieve Time Pressure - The manner in which time pressure induces stress is well documented [9] but has not yet been applied to interactive systems, where instances of time pressure are not infrequent. In contrast to heuristic 3, which addresses the experience of time while waiting for the system, this heuristic addresses the temporal context the user experiences during interaction. Users may feel a lack of control when they are pressured for time or even be worried about how they appear in a competitive sense if the time they took to complete a task feels too long. Unnecessary time pressure should be eliminated in interactive systems. "</p>	Sim	HN 3	Hubis 3
8	<p>"8. Choose Naturally Calming Elements - Involuntary attention or fascination at natural settings can cause shifts toward a "more positively-toned emotional state, positive changes in physiological activity levels" [15]. These beg the question of how to integrate natural elements into virtual environments and interactions (e.g. sounds, images, and animation rhythms). Examples of known practices include soothing error tones, naturalistic animations, and desktop wallpapers taken from the natural world."</p>	Sim	-	Hubis 1, 9

ID	Heurística	Aplica-se a Sistemas Ubíquos?	Está presente em qual HN?	Está presente em qual Hubis?
9	<p>"9. Acknowledge Reasonable User Actions - On any screen or dialog, there exist a number of reasonable actions that users may want to take. Even if those actions are disallowed by the system, they should be acknowledged or guided in some way. When a user expects to take an action that is not available, the stress response can be triggered and grow if not addressed."</p>	Sim	HN 8	Hubis 8
10	<p>"10. Demystify the Interface - Faced with myriad choices, unsure of what the results of one's actions will be, a user can feel stressed. Further, asking for help may threaten a user's selfesteem. To complement Nielsen's heuristic of 'Help and Documentation,' this heuristic asks designers to evaluate whether or not they have demystified the features to the users before users ask for help or documentation."</p>	Sim	HN 10	Hubis 10