

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE ARTES – CEART  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN – PPGDESIGN  
MESTRADO ACADÊMICO EM DESIGN

CHRISTOFER RAMOS DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONJUNTO DE  
HEURÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE  
EM SISTEMAS DO DOMÍNIO ESPECÍFICO  
DE *M-LEARNING***

FLORIANÓPOLIS, SC  
2017



**CHRISTOFER RAMOS DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONJUNTO DE HEURÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO  
DA USABILIDADE EM SISTEMAS DO DOMÍNIO ESPECÍFICO  
DE *M-LEARNING***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, do Centro de Artes, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design. Área de Concentração: Métodos para os Fatores Humanos. Linhas de Pesquisa: Interfaces e Interação Comunicacionais.

Orientadora: Profa. Dra. Monique Vandresen

**FLORIANÓPOLIS  
2017**

S586d	Silva, Christofer Ramos da
	Desenvolvimento de um conjunto de heurísticas para avaliação da usabilidade em sistemas do domínio específico de m-Learning / Christofer Ramos da Silva.- 2017.
	146 p. il. ; 29 cm
	Orientador: Monique Vandresen
	Bibliografia: p. 105-109
	Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2017.
	1. Interação homem-máquina. 2. Design de sistemas centrado no usuário. 3. Heurística. I. Vandresen, Monique. II. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.
	CDD: 004.6 - 20. ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UDESC

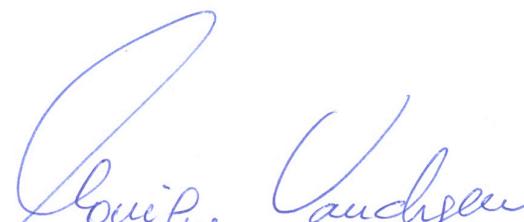
**CHRISTOFER RAMOS DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONJUNTO DE HEURÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO  
DA USABILIDADE EM SISTEMAS DO DOMÍNIO ESPECÍFICO DE M-LEARNING**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em design, do centro de artes, da universidade do estado de santa catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em design. Área de concentração: métodos para os fatores humanos. Linhas de pesquisa: interfaces e interação comunicacionais.

**Banca Examinadora**

Orientador:



---

Monique Vandresen  
Professora Dra. Monique Vandresen  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

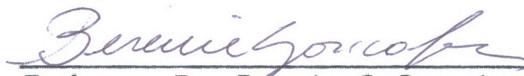
Membro:



---

Giselle Schmidt Alves Diaz Merino  
Professora Dra. Giselle Schmidt Alves Diaz Merino  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:



---

Berenice S. Gonçalves  
Professora Dra. Berenice S. Gonçalves  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

**Florianópolis, 28 de setembro de 2017**



## AGRADECIMENTOS

Sou grato, especialmente, aos meus companheiros de jornada Jairo Salles e Vilson Ville por me incentivarem a buscar meus sonhos a cada dia, por serem amáveis e gentis, por serem minha base, por me mostrarem que eu posso ser o que eu quiser. A meus pais, sou grato por motivos que as palavras deste mundo ainda não conseguem atingir.

Antes mesmo que eu pudesse imaginar o que a minha vida seria hoje, algumas pessoas abençoaram meu caminho e eu jamais vou me esquecer do que fizeram por mim. Portanto, sou grato a Ana Carolina Vilela, Dna. Geovana, Irani Cunha, Mara Sílvia, Myrian Marionice, e às professoras da graduação Ana Paula de Almeida e Vanda Cunha. Não poderia ser diferente que fossem todas mulheres, que elevam a energia deste mundo com sua doçura e generosidade, como fazem os anjos.

Sou grato também a minha orientadora Monique Vandresen pelos ensinamentos, a liberdade de ação, as risadas e pela relação leve que tivemos; ao meu coorientador Marcelo Gitirana pelo constante auxílio, a presença, e por explorar o máximo que há em mim. Vocês demonstraram que a relação entre orientando e orientador(a) pode ser, de fato, incrível e o contrário do que frequentemente se encontra na academia.

Eu não poderia deixar de agradecer também aos professores Célio Teodorico, Flávio dos Santos, Milton Cinelli e Murilo Scoz por terem sido igualmente importantes neste período, contribuindo significativamente em diversos momentos com orientações, conselhos e ensinamentos. Agradeço à secretária do PPG Design, Jaína Bousfield por ser a profissional que é, sempre fazendo o melhor para auxiliar os alunos do programa; e à professora Dulce Holanda, por tornar meu estágio de docência uma experiência transformadora e marcante.

Por fim, sou grato a cada um de meus colegas da turma 5 – Diogo Martins, Isabela Sierra, Laura Pedri, Márcia Cattoi, Mariana Abreu, Rafael Kojio, Ricardo Schwinn, Rosielli de Sá e Tatiana Longhi – por proporcionarem neste período de minha vida momentos que estarão sempre na memória e no coração. É a melhor turma que eu poderia esperar e, apesar de sermos todos impostores e apenas nos suportarmos, foi maravilhoso viver tudo isso com vocês.



“Com a aceitação da vida do jeito que ela é, podemos alterar nosso olhar sobre o mundo e enxergar mais além, olhando para a realidade a partir de nossos resultados e não por nossas interpretações ou por crenças que nos foram repassadas. Desta forma, poderemos compreender aonde a mudança realmente se faz necessária no ponto da jornada em que nos encontramos e criar uma alquimia libertadora que, efetivamente, nos levará a uma nova forma de ser e estar no mundo.”

Jairo Salles



## RESUMO

SILVA, Christofer Ramos. **Desenvolvimento de um conjunto de heurísticas para avaliação da usabilidade em sistemas do domínio específico de m-learning.** 2017. 140 f. Dissertação (Mestrado em Design – Área: Interfaces Comunicacionais) – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2017.

A motivação deste trabalho partiu diante da relevância observada nos aplicativos *m-learning* e a inexistência, na bibliografia, de um conjunto para avaliação heurística da usabilidade neste domínio. Embora a avaliação heurística seja considerada um método rápido e pouco onerosos para avaliação de usabilidade, os conjuntos tradicionais não são suficientes para cobrir a complexidade inerente a domínios específicos. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um conjunto de heurísticas específico para avaliação da usabilidade em sistemas *m-learning* e, para tal, estruturou uma metodologia sistemática específica às intenções que se configuraram, através de estágios denominados exploratório, de análise, de síntese e de verificação. No estágio exploratório foram extraídos, através da técnica Percurso Cognitivo, problemas de usabilidade representativos do domínio em três aplicativos *m-learning* e suas variações em dois sistemas operacionais móveis, cujos resultados demonstraram majoritariamente a presença de infrações severas, causadas pelos contextos do sistema e do curso, e não exclusivas a determinado sistema operacional. O estágio de análise deu origem a um quadro sistemático estruturado a partir da categorização de quatro conjuntos de heurísticas existentes no domínio e-learning, e quatro específicos ao domínio da computação móvel, por integrarem o domínio em estudo. Ao todo foram categorizadas 132 heurísticas. Posteriormente, no estágio de síntese, esse conhecimento categorizado foi convertido na primeira versão do conjunto de heurísticas, chamado neste estudo de UHMoL (acrônimo em inglês para “Heurísticas de Usabilidade para *m-Learning*”). Por fim, no estágio de verificação, os problemas de usabilidade inicialmente identificados no estudo foram associados às heurísticas propostas de modo a verificar seu desempenho. Os resultados dessa associação apontaram uma eficiência de 90% e proporcionaram informações que resultaram no refinamento de duas heurísticas, além da criação de uma nova, que configuraram a versão final do conjunto neste estudo.

**Palavras-chave:** Heurísticas de Usabilidade. Domínio Específico. *M-learning*. E-learning. Dispositivos Móveis.



## ABSTRACT

SILVA, Christofer Ramos. **Development of a heuristic set for usability evaluation in the specific domain of m-learning systems.** 2017. 140 f. Thesis (Master in Design – Area: Communication Interfaces) – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2017.

The motivation of this work was based on the m-learning application relevance and the unavailability, observed in the bibliography, of a heuristic set specific for usability evaluation in this domain. Although heuristic evaluation is considered a fast and inexpensive method for usability assessment, traditional sets are not sufficient to cover the inherent complexity of specific domains. In this sense, the present study aimed to develop a set of specific heuristics to evaluate usability in m-learning systems and, to this end, a specific systematic methodology was structured based on the study's intentions, through stages denominated exploratory, analysis, synthesis and verification. In the exploratory stage, domain-representative usability problems were extracted from three m-learning applications and their variations in two mobile operating systems, through Cognitive Walkthrough technique, which results showed the majority presence of severe infractions, caused both by the contexts of the system and the course, and not exclusive to a particular operating system. The analysis stage originated a systematic chart structured from the categorization of four sets of existing heuristics from the e-learning domain, and four specific to the mobile computing domain, since they are part of the domain under study. Overall, 132 heuristics were categorized. Later, in the synthesis stage, this categorized knowledge was converted into the first version of the heuristic set, here named UHMoL (Usability Heuristics for Mobile Learning). Finally, in the verification stage, the usability problems initially identified were associated with the proposed heuristics in order to verify their performance. The outcomes from this association indicated an efficiency of 90% and provided information that resulted in the refinement of two heuristics, as well as the creation of a new one, which comprised the final version of the set in this study.

**Palavras-chave:** Usability Heuristics. Specific Domain. M-learning. E-learning. Mobile Devices.



## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Representação gráfica do método aplicado na pesquisa .....	62
Figura 2 – Modelo para Interação Humano-Computador de Hewett et al. (1992) .....	66
Figura 3 – Tela de um problema identificado no curso que parece depender de limitações no sistema .....	75
Figura 4 – Características mais frequentes dos problemas de usabilidade analisados .....	79
Figura 5 – Processo de definição das categorias de heurísticas baseadas nas dimensões do modelo de Hewett et al. (1992) .....	81
Figura 6 – Infográfico do conjunto UHmOL .....	95



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Países com maior penetração de banda larga móvel .....	23
Quadro 2 – Métodos de validação adotados pelos estudos revisados em Hermawati e Lawson (2016) .....	35
Quadro 3 – Abordagens utilizadas para verificação da eficiência de heurísticas de domínios específicos com relação ao grau de severidade .....	37
Quadro 4 – Documento utilizado nas sessões de Percurso Cognitivo para reportar problemas de usabilidade identificados .....	64
Quadro 5 – Documento para associação entre os problemas de usabilidade identificados e as heurísticas propostas .....	69
Quadro 6 – Informações referentes aos conjuntos de heurísticas existentes analisados no processo de categorização .....	80
Quadro 7 – Categorias definidas para categorizar as heurísticas existentes .....	82
Quadro 8 – Termos adotados pelos autores de conjuntos de heurísticas específicos a sistemas <i>e-learning</i> para referenciar “usuário” .....	85
Quadro 9 – Categorias definidas para identificar as heurísticas desenvolvidas .....	86
Quadro 10 – Versão definitiva do conjunto de heurísticas UHmOL desenvolvido .	97



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Características das sessões de percurso cognitivo realizadas no estágio exploratório .....	71
Tabela 2 – Distribuição de frequência dos problemas de usabilidade detalhados em relação ao contexto, severidade e sistema operacional .....	74
Tabela 3 – Associação entre problemas de usabilidade identificados pelo Percurso Cognitivo e as heurísticas inicialmente desenvolvidas .....	89



## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Percentual de domicílios brasileiros que utilizaram a internet em 2013, por tipo de equipamento .....	24
Gráfico 2 – Distribuição dos problemas de usabilidade entre os aplicativos analisados e a categoria “redundante” .....	73
Gráfico 3 – Problemas de usabilidade e o contexto em que ocorrem .....	75
Gráfico 4 – Problemas de usabilidade e a severidade que com se apresentam ....	77
Gráfico 5 – Problemas de usabilidade e o sistema operacional em que ocorrem ..	78



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>31</b>
2.1	MÉTODOS PARA DESENVOLVIMENTO DE HEURÍSTICAS DE DOMÍNIOS ESPECÍFICOS .....	31
2.2	CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS E ASPECTOS INFLUENCIADORES DA USABILIDADE EM SISTEMAS <i>M-LEARNING</i> .....	39
2.2.1	<b>O domínio <i>mobile</i>: características técnicas e de usabilidade.....</b>	<b>40</b>
2.2.2	<b>A complexidade inerente às plataformas <i>m-learning</i> e suas implicações para a usabilidade .....</b>	<b>45</b>
2.3	HEURÍSTICAS EXISTENTES NOS DOMÍNIOS <i>MOBILE</i> E <i>E-LEARNING</i> .....	50
2.3.1	<b>Heurísticas para avaliação da usabilidade de sistemas <i>mobile</i> .....</b>	<b>50</b>
2.3.2	<b>Heurísticas para avaliação da usabilidade de sistemas <i>e-learning</i> ...</b>	<b>56</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>61</b>
3.1	ESTÁGIO EXPLORATÓRIO .....	62
3.2	ESTÁGIO DE ANÁLISE .....	65
3.3	ESTÁGIO DE SÍNTESE .....	67
3.4	ESTÁGIO DE VERIFICAÇÃO .....	68
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
4.1	ESTÁGIO EXPLORATÓRIO: INSPEÇÃO POR ESPECIALISTA EM APLICATIVOS <i>M-LEARNING</i> .....	71
4.2	ESTÁGIO DE ANÁLISE: CATEGORIZAÇÃO DE HEURÍSTICAS EXISTENTES .....	79
4.3	ESTÁGIO DE SÍNTESE: CONVERSÃO DA INFORMAÇÃO CATEGORIZADA EM HEURÍSTICAS .....	84
4.4	ESTÁGIO DE VERIFICAÇÃO: ASSOCIAÇÃO ENTRE PROBLEMAS DE USABILIDADE IDENTIFICADOS E HEURÍSTICAS PROPOSTAS .....	88
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>

## APÊNDICES

A. Resultado da análise de percurso cognitivo .....	110
B. Resultado do processo de categorização das heurísticas específicas aos domínios <i>e-learning</i> e <i>mobile</i> .....	114
C. Primeira proposta do conjunto de heurísticas UHmOL .....	123

## ANEXOS

A. Heurísticas para computação móvel .....	129
B. Heurísticas para interfaces de dispositivos móveis .....	130
C. Heurísticas para aplicativos nativos de <i>smartphones</i> .....	131
D. Heurísticas para <i>smartphones</i> .....	132
E. Heurísticas para <i>e-learning</i> .....	135
F. Heurísticas para aplicativos <i>e-learning</i> .....	138
G. Heurísticas para cursos <i>online</i> .....	140
H. Heurísticas para invisibilidade e ubiquidade .....	145
I. Heurísticas para <i>softwares</i> educacionais .....	146

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia, inerente ao progresso humano, se manifesta de acordo com o contexto de cada época, uma vez que é estimulada a partir de "necessidades, valores e interesses da sociedade (CASTELLS 2008, p. 62)", que influenciam e alteram a maneira com que a sociedade se comporta. Na última década o significativo aperfeiçoamento das tecnologias móveis proporcionou ao homem o acesso convergente a uma variedade incontável de tarefas e serviços, que contribui para melhorar a eficiência da vida cotidiana e para estimular um comportamento social cada vez mais condicionado à conveniência sem-fio.

Nesse sentido, a característica móvel apresentada em equipamentos computacionais contemporâneos como tablets e telefones inteligentes, associada à consolidação da internet e à globalização da informação, tem reconfigurado expressivamente a forma com que o homem moderno adquire conhecimento, executa seu trabalho, se comunica, realiza suas interações sociais, etc. Na esfera mundial, os países líderes em número de assinaturas por habitante de internet banda larga disponibilizada através de rede de telefonia celular (Quadro 1) estão distribuídos por todos os continentes com exceção da África, além disso, é impressionante observar que esse número chega a ultrapassar a população em nações asiáticas e européias (NEWS BRIEFS, 2013).

Quadro 1 - Países com a maior penetração de banda larga móvel.

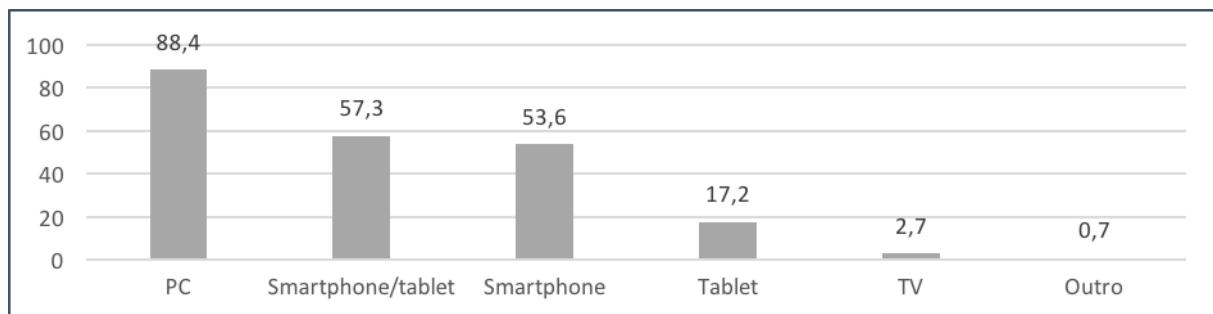
Ranke	País	Subscrição de banda larga móvel por 100 pessoas
1	Singapura	123,3
2	Japão	113,1
3	Finlândia	106,5
4	Coréia do Sul	106,0
5	Suécia	101,3
6	Austrália	96,2
7	Dinamarca	87,5
8	Noruega	84,6
9	Estados Unidos	74,7
10	Hong Kong (China)	73,5

Fonte: News Briefs (2013).

No Brasil, apesar de os números serem mais tímidos eles não deixam de ser expressivos. De acordo com o IBGE, estima-se que 57,3% da população brasileira (Gráfico 1) utiliza um smartphone ou tablet para se conectar à internet (INSTITUTO

BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015). De acordo com a empresa de tecnologia Google (2012), as características inerentes aos dispositivos móveis, como mobilidade, conectividade e facilidade de acesso, têm sido responsáveis por alterar os hábitos dos brasileiros ao viabilizarem a execução de inúmeras tarefas, incluindo a busca por informação e conhecimento, nos mais variados lugares como trânsito, eventos sociais e escolas.

Gráfico 1 - Percentual de domicílios brasileiros que utilizaram a internet em 2013, por tipo de equipamento.



Fonte: desenvolvido pelo autor, adaptado de (IBGE, 2015)

Neste período marcado por transformações tecnológicas acentuadas, é possível perceber que o processo de ensino e aprendizagem tem sofrido impactos que podem direcionar a caminhos otimistas. Essas mudanças começaram a ser sentidas com mais representatividade desde o surgimento de Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs)<sup>1</sup>, a partir da última década do século XX, estimuladas pela popularização da internet e do computador, que timidamente vem redefinindo a forma com que as pessoas adquirem conhecimento formal.

Apesar de ainda ser criticada pelos tradicionais especialistas da educação, a aprendizagem mediada por plataformas digitais, além de ser coerente neste momento caracterizado pela forte presença das pessoas no ciberespaço, cada vez mais se manifesta como adequada às expectativas daqueles classificados por Prensky (2001) como "nativos digitais", a geração nascida a partir dos anos 1990, interessada em aprendizado ativo, interativo, compartilhado por comunidades sociais e baseado em descobertas a partir do erro.

<sup>1</sup> Sistemas computacionais *on line* que funcionam como intermediadores para processos educacionais, permitindo a integração de diversas mídias, linguagens e recursos que organizam as informações e proporcionam interações tendo em vista atingir determinados objetivos (ALMEIDA, 2003).

A entrada de nossa civilização em um novo estágio de desenvolvimento traz, necessariamente, mudanças na formalização do ensino, ou seja, nas formas sociais de condução e controle do processo de ensino e aprendizagem. É o que vemos acontecer em relação aos ambientes virtuais de aprendizagem e às novas modalidades de aprendizagem a distância [...] (BISOL, 2005, p. 23).

É compreensível, portanto, que os MOOCs (sigla em inglês para *Massive Open On-line Courses*), um tipo particular de AVEA surgido em 2012, estejam ganhando significativo espaço à medida que os novos paradigmas da educação são superados, principalmente por estimularem a ruptura dos modelos tradicionais de ensino e por permitem acesso livre e gratuito a cursos de diversas universidades do Brasil e do mundo. Eles se caracterizam pelo engajamento ativo de um número massivo de pessoas através de redes sociais, aprendizagem de conhecimento formal intermediada por especialistas reconhecidos, e a não exigência de pré-requisitos apesar de obedecerem a estrutura convencional de um curso (MCAULEY et al., 2010, p. 10). Um exemplo significativo desta revolução na educação impulsionada pelos MOOCs é o Coursera que reúne 6,6 milhões de usuários, se configura como uma das empresas mais consolidadas neste segmento, e já oferece gratuitamente mais de 600 cursos pertencentes a pouco mais de cem instituições de ensino superior do mundo todo (EXAME, 2014).

Não poderia ser diferente, portanto, que na atualidade estes sistemas virtuais intermediadores da aprendizagem se tornassem presentes nos dispositivos móveis, inaugurando as plataformas conhecidas como *mobile-learning* ou *m-learning*.

De acordo com Molenet, o termo *mobile learning* pode ser amplamente definido como “a exploração de tecnologias portáteis e ubíquas, juntamente com redes wireless ou celular, com a finalidade de facilitar, apoiar, melhorar e extender o alcance do processo ensino-aprendizagem. [...] Não há consenso sobre a definição de *mobile learning*, em parte porque o campo atravessa rápida evolução, e em parte devido a ambiguidade do termo “mobile” – ele está relacionado às tecnologias móveis, ou à noção mais geral de mobilidade da aprendizagem? (HASHEMI, 2011, p. 2478, tradução nossa).

Percebe-se, nesse cenário, que as características de um AVEA associadas à natureza irrestrita dos dispositivos móveis fazem do *m-learning* um meio enriquecedor do processo ensino-aprendizagem, principalmente por proporcionar recursos antes impossíveis que, principalmente, estimulam o trabalho colaborativo e a troca da informação em rede, aumentam as oportunidades e a freqüência do acesso ao conhecimento, e oferecem a estudantes da nova geração ferramentas consistentes com suas expectativas e com os modelos contemporâneos de ensino.

Além disso, o ensino mediado por plataformas *m-learning* se justifica não apenas neste momento em que a aquisição do conhecimento é facilitada pelos dispositivos móveis, mas também em aspectos como inclusão social, no sentido em que pode permitir que pessoas menos favorecidas economicamente ou isoladas pelas distâncias geográficas tenham acesso à educação; e, consequentemente, pela ascensão econômica do país, no sentido em que podem alavancar qualitativa e quantitativamente a produção de mão de obra operacional e intelectual, contribuindo para o progresso do Brasil.

Diante do expressivo valor do *m-learning* na expansão das possibilidades do processo ensino-aprendizagem e na contribuição para a busca de soluções aos problemas educacionais, econômicos e sociais do país, não se pode desconsiderar, portanto, a importância da qualidade interativa das interfaces desses sistemas. É comum hoje, que a maioria desses aplicativos sejam preferencialmente desenvolvidos para acesso a partir de computadores convencionais, uma vez que as tecnologias de *hardware* destinadas aos dispositivos móveis evoluíram com mais representatividade na última década.

Mesmo que grandes empresas como Coursera, EdX e Khan Academy já disponibilizam aplicativos para dispositivos móveis, percebe-se neles telas adaptadas de suas plataformas web, condição capaz de produzir interações inapropriadas durante a navegação móvel e, por consequência, demandar de seus usuários demasiada carga cognitiva. A severidade dessa característica é enfatizada nos resultados do estudo de Nielsen e Budiu (2015, p. 18), onde a taxa de sucesso de usuários em interfaces projetadas especificamente para dispositivos móveis foi de 64%, enquanto aquelas interfaces próprias para acesso em computador convencional foram capazes de converter 53% das tarefas em sucesso ao serem acessadas a partir de dispositivos móveis. Essa inabilidade da interface em produzir comunicação coerente é frequentemente frustrante, tornando o processo ensino-aprendizagem gradativamente enfadonho, e desencadeando evasão de alunos ou a não aquisição dos objetivos pedagógicos propostos.

O desenvolvimento de interfaces dotadas de atributos de usabilidade é uma forma adequada de garantir ao usuário experiências significativas e que, por isso, serão convertidas em lucratividade para as empresas.

Do ponto de vista de algumas empresas, a avaliação da usabilidade é parte de um esforço maior para melhorar a rentabilidade dos produtos. Há muitos

aspectos envolvidos, o que, no final, também beneficiam muito os usuários: decisões de design são obtidas de dados recolhidos a partir de usuários representativos, expondo questões de design de modo a serem corrigidas, minimizando ou eliminando a frustração nos usuários (RUBIN, CHISNEL, 2008, p. 28, tradução nossa).

Quando o projeto de interface interativa está em questão, a avaliação heurística se destaca como um dos métodos mais vantajosos com relação ao custo e tempo. Ela consiste na inspeção da interface por especialistas seguindo critérios de usabilidade pré-estabelecidos (SHNEIDERMAN, 2005, p. 142). O conjunto de heurísticas desenvolvido por Nielsen e Molich (1990) é o mais recorrente entre os especialistas de usabilidade, no entanto, apesar de envolver parâmetros de usabilidade importantes para qualquer tipo de interface, este não é inteiramente suficiente em se tratando de contextos específicos, em razão de, conforme explicam Zaharias e Koutsabasis (2012, p. 46), as novas tecnologias (residenciais, educacionais e de computação ubíqua, por exemplo) possuírem características específicas que os conjuntos de heurísticas tradicionais não são capazes de abranger. Portanto, levando em consideração que os aplicativos *m-learning* possuem particularidades técnicas relacionadas aos contextos da mobilidade e da aprendizagem virtual, a disponibilidade de um conjunto de heurísticas capaz de analisar características específicas na interface destes sistema é fundamental.

Essa questão é nítida nas conclusões da pesquisa de Hermawati e Lawson (2016), que revisou setenta estudos publicados a partir de 2000 relacionados a modelos heurísticos desenvolvidos para avaliação em domínios específicos. Seus resultados sugerem que os conjuntos de heurísticas específicos, quando submetidos à validação comparativa com conjuntos genéricos, conseguiram identificar não apenas um número maior de problemas de usabilidade, mas também uma frequência maior de problemas classificados como severos.

Entretanto, a pesquisa tornou possível observar também que, dentre os setenta estudos encontrados, não houve ainda estudos engajados no desenvolvimento de conjuntos de heurísticas exclusivos para avaliação da usabilidade no contexto *m-learning*, aqui em pauta. Além disso, os autores foram enfáticos ao destacar outra questão que precisa ser considerada com cautela no presente estudo. Embora pareça adequado que a definição metodológica leve em conta características e necessidades individuais a cada domínio, foi comum encontrar métodos que carecem de rigor e robustez, ou que sequer consideram a

viabilidade de se executar, mesmo que posteriormente, estágios de validação do conjunto de heurísticas.

Conclui-se, diante do que foi apresentado até o momento, que é primordial ampliar o que se conhece a respeito do domínio que compreende esses aplicativos mediadores da educação, ainda pouco explorado, especialmente neste momento em que a educação atravessa transformações para se ajustar às características dos denominados nativos digitais - uma parcela da população que já começou a ingressar no ensino superior. Esta necessidade adquire ainda mais relevância diante da baixa qualidade interativa comumente observada nesse tipo de aplicação móvel. Nessa mesma perspectiva, ainda que a avaliação heurística se destaque como um método vantajoso para avaliação da usabilidade de um sistema, os conjuntos de heurísticas tradicionais são insuficientes para cobrir a substancialidade das questões de usabilidade concernentes a domínios específicos. É fato, portanto, que os aspectos estritamente particulares relacionados aos contextos da mobilidade e da aprendizagem em ambientes virtuais, característicos ao domínio *m-learning*, demandam um conjunto de heurísticas exclusivamente desenvolvido, mas do qual a literatura ainda não dispõe. Não obstante, no que tange às práticas adotadas para construção de heurísticas exclusivas, são frequentes metodologias que carecem de consistência e validação.

Frente a esse cenário, é possível observar claramente que uma lacuna na bibliografia vigente precisa ser preenchida. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver, através de uma metodologia consistente, um conjunto de heurísticas específico para avaliação da usabilidade em aplicativos do domínio *m-learning*. Este conjunto foi intitulado UHMoL (Usability Heuristics for Mobile Learning), um acrônimo em inglês para Heurísticas de Usabilidade para Mobile Learning, com o intuito de facilitar a referência a ele ao longo do trabalho e em situações práticas reais.

Diante disso, este estudo se manifesta como relevante ao procurar aprofundar e ampliar o conhecimento científico a respeito de um domínio pouco explorado, embora importante aos novos paradigmas que se configuram na sociedade atual. Nesse sentido, seus objetivos específicos compreendem 1) investigar os métodos e abordagens para desenvolvimento de heurísticas de domínios específicos; 2) descrever os aspectos influenciadores da usabilidade nesse domínio; 3) levantar e discutir conjuntos de heurísticas existentes similares ao

domínio; 4) extrair problemas de usabilidade representantes do domínio; 5) desenvolver um quadro sistemático a partir da categorização dos conjuntos de heurísticas existentes; 5) sintetizar o conhecimento categorizado em um conjunto de heurísticas específico ao domínio; 6) realizar a associação entre os problemas de usabilidade identificados e as heurísticas desenvolvidas de modo a verificar o desempenho do conjunto.

Faz-se importante destacar, de antemão, que o escopo desta dissertação está limitado ao desenvolvimento de um conjunto de heurísticas, portanto, não abrange processos de validação que, embora sejam considerados importantes, é adequado que sejam explorados em estudos específicos como tese, por exemplo. Por outro lado, esta dissertação procurou combrir de maneira consistente, minuciosa e cautelosa estágios definidos como exploratório, analítico, sintético e verificatório, na intenção de tornar o conjunto de heurísticas em proposição o mais representativo possível do domínio em estudo.

A estrutura dessa dissertação é dividida em 5 capítulos. Após contextualizar e justificar neste capítulo as intenções do presente estudo, o 2º capítulo irá levantar discussões a partir de fontes teóricas e documentais de referência, para fundamentar o conhecimento específico à pesquisa. Dessa forma, com o intuito de estabelecer bases metodológicas para se atingir o objetivo aqui definido, a sessão 2.1 se reservará ao exame dos métodos e abordagens praticados por autores que já desenvolveram heurísticas para avaliação da usabilidade em domínios específicos, reportados no estudo de Hermawati e Lawson (2016). Em seguida, na sessão 2.2, serão apresentadas questões concernentes ao domínio em estudo a partir da ótica da usabilidade, portanto, o leitor encontrará discussões que envolvem as características técnicas de aplicativos para dispositivos móveis e a complexidade observada em aplicativos *m-learning*. Por fim, serão apresentados na sessão 2.3 os conjuntos de heurísticas existentes nos domínios *e-learning* e *mobile*, que juntos são considerados integrantes do domínio *m-learning* e, consequentemente, possuem conhecimento relevante para o presente estudo.

Mais adiante, o capítulo 3 dará espaço aos métodos, procedimentos e materiais utilizados neste estudo que, conforme será apresentado, foram baseados nas práticas metodológicas consistentes para o desenvolvimento de heurísticas em domínios específicos, encontradas no estudo aprofundado na sessão 2.1. Posteriormente, o capítulo 4 irá demonstrar e discutir os resultados produzidos pela

presente pesquisa e, por conseguinte, nele será apresentado o conjunto de heurísticas proposto. Por fim, o capítulo 5 irá expor as últimas considerações, destacar limitações do estudo e discutir apontamentos para pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo visa-se levantar e discutir fontes teóricas e documentais de referência para fundamentar o conhecimento relevante à pesquisa e, portanto, compreende a investigação dos métodos e abordagens previamente praticados por estudos engajados no desenvolvimento de heurísticas para avaliação da usabilidade em domínios específicos; a discussão do conhecimento teórico a respeito das principais características presentes em aplicativos *m-learning*, destacando os aspectos capazes de influenciar a usabilidade; e a descrição e análise dos conjuntos de heurísticas existentes nos domínios específicos de sistemas *e-learning* e *mobile*, uma vez que representam contextos integrantes do domínio *m-learning*.

### 2.1 MÉTODOS PARA DESENVOLVIMENTO DE HEURÍSTICAS DE DOMÍNIOS ESPECÍFICOS

A adoção de uma metodologia recorrente em pesquisas similares ou já validada previamente é importante para o desenvolvimento de um conjunto de heurísticas, na intenção de garantir eficiência adequada no que concerne à capacidade de extrair resultados coerentes e significativos durante sua aplicação. Normalmente, recorre-se à bibliografia disponível para definir a escolha do método que se caracteriza como mais apropriado para se atingir os objetivos propostos. No entanto, em domínios ainda pouco explorados como é o caso neste estudo, é comum o pesquisador se deparar com insuficiência de esforços inclinados à definição de um único método que pode ser aplicado ao longo dos estágios de desenvolvimento.

O estudo de Hermawati e Lawson (2016) é significativo nesse sentido, ao concluir que não existe ainda, entre os especialistas, consenso a respeito de um único método destinado ao desenvolvimento de heurísticas de domínios específicos ou ao aprimoramento de conjuntos heurísticos existentes. Tal conclusão é oriunda de uma pesquisa que explorou os estudos engajados no desenvolvimento de conjuntos heurísticos específicos entre os anos 2000 e 2016, através da análise e comparação dos processos empregados na criação, na validação e na avaliação da eficiência desses conjuntos. Ao todo os pesquisadores conseguiram detectar 70

estudos que se encaixavam no escopo da pesquisa e identificaram, além de uma variedade de métodos que frequentemente foram escolhidos a partir de revisão bibliográfica, e da intuição e da experiência dos especialistas, uma carência de rigor, robustez e validação do conjunto proposto.

Diante da inexistência na bibliografia de um método sólido e validado, capaz de conduzir as etapas de desenvolvimento do conjunto de heurísticas específico ao domínio *m-learning* aqui proposto, esta sessão irá se amparar no aporte científico produzido pela pesquisa de Hermawati e Lawson (2016), por se tratar de um estudo recente e por comportar uma riqueza substancial de conhecimento que aqui interessa. Espera-se, por conseguinte, através da discussão dos resultados do estudo desses pesquisadores, extrair informações consonantes com o escopo da atual pesquisa de forma a fundamentar a definição de um método substancial capaz de proporcionar ao conjunto UHMoL, aqui em desenvolvimento, características de fato significativas ao domínio.

Inicialmente, observa-se que, de maneira geral, os métodos utilizados para desenvolvimento de heurísticas específicas constituem dois passos principais: em um primeiro momento extraí-se a informação necessária para, posteriormente, converte-la em heurísticas. No que tange à extração da informação, identificaram-se quatro diferentes abordagens que foram ou utilizadas sozinhas ou combinadas:

1) adotar uma ou mais teorias como base para identificar aspectos que são relevantes para a interação com usuários; 2) estudar o contexto de uso e identificar aspectos que são relevantes para os usuários; 3) estudar e sintetizar problemas de usabilidade pertinentes reportados e/ou heurísticas/diretrizes já desenvolvidas; 4) desenvolver um corpo de problemas de usabilidade e identificar questões pertinentes (IBID., 2016, p. 35-36, tradução nossa).

Os autores ressaltam que, apesar de em todos os estudos existirem uma revisão bibliográfica no sentido de estabelecer o estado da arte das heurísticas de usabilidade contextualizadas no domínio a que se referem, a maioria não informou a razão de terem escolhido um método em razão de outro. Tal questão é crítica porque a escolha de um ou mais métodos pode interferir no produto final do conjunto em desenvolvimento, tendo em vista a variedade de diferentes resultados quanto à natureza e ao número de informação que podem ser identificados a partir de cada método. Segundo eles (IBID., p. 36), o terceiro método, por exemplo, parece ser mais apropriado em domínios onde já existe um conjunto de heurísticas passível de aprimoramentos, ou diretrizes e informações oriundas de análises da interação do

sistema com o usuário, onde o pesquisador pode beneficiar-se de estudos anteriores; ao passo que os outros métodos parecem mais adequados para desenvolvimento em domínios onde ainda não existem heurísticas específicas, demandando que o pesquisador investigue sistematicamente o universo em questão, estude os problemas resultantes da interação entre o usuário e o sistema, e explore informações presentes na teoria. Diante disso, é certo que o pesquisador precisa empenhar significativo rigor ao analisar a conformidade dos objetivos da pesquisa com o(s) método(s) escolhido(s), na intenção de potencializar ao máximo a qualidade das informações coletadas e que subsidiarão a etapa de proposição das heurísticas.

De maneira similar, a forma com que a informação foi extraída também variou entre os estudos, mas foi possível identificar três diferentes padrões que parecem depender do método seguido, conforme é descrito a seguir.

A primeira abordagem envolveu a listagem de informações extraídas (sejam diretrizes, problemas de usabilidade e heurísticas existentes), omissão de quaisquer redundâncias e irrelevâncias e, em seguida, o uso do resultado como conjunto final de heurísticas. Na segunda abordagem, a informação extraída, que passou por omissão de redundâncias e irrelevâncias, foi categorizada para identificar os temas e depois traduzida em heurística. Utilizou-se uma variedade de métodos para auxiliar na categorização das informações extraídas, desde a solicitação de opiniões de especialistas até a técnica de classificação de cartões. A última abordagem envolveu a comparação das informações extraídas listadas com um conjunto geral de heurísticas, tais como Nielsen (1994b), para identificar a modificação requerida de heurísticas existentes e/ou adição de novas (HERMAWATI; LAWSON, 2016, p. 36, tradução nossa).

No concernente à forma com que as heurísticas adquiriram corpo, quase metade dos estudos apresentou um número de heurísticas próximo de 10, o que não foi observado naqueles que adotaram uma abordagem modular, que permite o agrupamento de aspectos específicos dentro de dimensões importantes para o domínio em questão mas que demanda um número maior de heurísticas. Dessa forma, a abordagem modular merece destaque por incluir a capacidade de atribuir pesos distintos a cada módulo, uma característica vantajosa no sentido de identificar, ainda no processo de desenvolvimento das heurísticas, módulos eventualmente irrelevantes que poderão ser extraídos caso necessário; e de evidenciar, durante a avaliação da usabilidade, o(s) módulo(s) que representa(m) quantitativa e qualitativamente, maiores problemas de usabilidade no sistema avaliado (IBID., p. 37). Além disso,

A maioria das heurísticas foram expressas através de sentenças curtas, sucintas e claras juntamente com descrições adicionais. A quantidade de descrição adicional variou de pouca (de maneira similar às heurísticas de Nielsen (1994a,b)), a muita. Alguns estudos que forneceram muitas descrições também adotaram uma abordagem mais formal na qual determinado formato foi seguido [...]. Em outros casos, ao invés de uma longa descrição para cada heurística, foram introduzidos *checklists*. (HERMAWATI; LAWSON, 2016, p. 37).

Ainda neste aspecto, os pesquisadores foram enfáticos ao descrever que em 83% dos estudos foram encontradas heurísticas similares às de Nielsen (1994a,b), e que em alguns casos, a mesma terminologia genérica foi utilizada, alterando-se apenas palavras ou frases de forma a se encaixarem no contexto do domínio. Essa característica foi responsável por causar confusão em alguns avaliadores e pela omissão de problemas de usabilidade que eram presentes nos sistemas avaliados. Nos poucos estudos em que não foram encontradas associações óbvias com modelos heurísticos genéricos, as heurísticas propostas foram estabelecidas em um nível baixo de abstração, e foram baseadas tanto na teoria fundamental aos dispositivos/aplicativos do domínio ao qual se propunham, quanto em estudos que envolveram informações obtidas pelos usuários (HERMAWATI; LAWSON, 2016, p. 37-38). Ao que parece essa é uma questão inconclusiva e que precisa ser analisada com cuidado. Um falso juízo pode estar sendo empregado ao acreditar que a adaptação da terminologia de heurísticas genéricas, cujas sentenças são amplamente conhecidas, pode tornar o conjunto mais intuitivo e agilizar o processo aplicação deste. Esta é uma ocasião onde o pesquisador precisa agir imparcialmente, considerar os aspectos específicos ao domínio, e escolher o caminho mais coerente com os objetivos que se deseja alcançar. A adoção de uma abordagem considerando meramente seus aspectos práticos é um risco que pode tendenciar o produto final das heurísticas e influenciar sua eficiência.

Em relação à validação, apesar de alguns estudos terem utilizado esta etapa como parte integrante do desenvolvimento das heurísticas como parâmetro para avaliar e melhorar seu desempenho, a grande maioria optou por aplicar alguma forma de validação apenas no final do estudo (IBID., p. 36). É interessante pontuar aqui que a validação processual, por mais que requeira maior tempo e esforço do pesquisador, pode ser vantajosa no sentido de garantir maior controle ao processo de desenvolvimento, proporcionando ainda nos estágios mais prematuros, informações a respeito da eficiência das heurísticas e evitando, assim, adversidades ou invalidade do conjunto ao término da pesquisa.

Neste sentido, conforme pode ser observado no Quadro 2, que apresenta os diferentes padrões de validação adotados, e suas respectivas frequências e descrições, os autores (IBID., p. 36-37) pontuam que a aplicação das heurísticas em avaliação com especialistas é o método mais recorrente, apesar de, nos estudos, não terem sido capazes de apresentar informações profundas a respeito da eficiência dos conjuntos, mesmo nos casos em que os resultados (número e tipo de problemas de usabilidade) foram comparados teoricamente com outros estudos, especialmente por existirem diferenças entre os sistemas submetidos a análise, e falta de controle na minimização dos efeitos do avaliador. Em contrapartida, os resultados apresentados pela comparação com outras heurísticas do domínio ou com avaliações que envolviam o usuário, configuraram informações mais acuradas a respeito da eficiência de seus conjuntos.

Quadro 2 - Métodos de validação adotados pelos estudos revisados em Hermawati e Lawson (2016)

No.	Método de validação	No. de estudos	Descrição
1	Aplicação das heurísticas em avaliação por especialistas	24	As heurísticas foram usadas para identificar problemas de usabilidade. E sua severidade.
2	Comparação dos resultados da aplicação das heurísticas com outras heurísticas	20	A eficiência das heurísticas de domínio específico foi comparada com heurísticas existentes no domínio. Uma grande variedade de análise de dados foi empregada.
3	Comparação dos resultados da aplicação das heurísticas a avaliação com usuários	5	A eficiência das heurísticas de domínio específico foi comparada a estudos com usuários. Em alguns estudos, problemas encontrados no estudo com usuários foram também utilizados para ajudar a criar uma lista geral de problemas de usabilidade.
4	Outro	1	Comparação das heurísticas com os resultados das elicitações de usuários.

Fonte: Hermawati & Lawson ( 2016, p. 37, tradução nossa).

Ocorrem, diante do que foi supra descrito a respeito do primeiro método, algumas considerações. Na abordagem de validação em que ocorre a aplicação do conjunto desenvolvido através do uso por especialistas, não é plausível que seja executada sem a aplicação conjunta de um modelo heurístico genérico, e posterior comparação da eficiência dos resultados; tampouco que seja executada uma

avaliação em diferentes sistemas do domínio, aplicando somente o conjunto desenvolvido; mesmo que tenha, conforme descrito, se valido de uma comparação teórica com outros estudos, especialmente se estes não abrangem o mesmo domínio. Tal abordagem não oferece informações significativas a respeito da eficiência dos resultados identificados pelos conjuntos propostos por não comportarem parâmetros coerentes para uma validação concreta. Por outro lado, a comparação dos resultados do conjunto de heurísticas específico ao domínio com aqueles obtidos por um conjunto genérico pode contribuir na produção de parâmetros mais significativos aos objetivos da validação.

O que é mais surpreendente é fato de que, enquanto alguns estudos foram construídos baseados em trabalhos anteriores, também parecem ser frequentes as ocasiões onde estudos simplesmente criaram um novo conjunto de heurísticas sem levar em conta as descobertas de trabalhos anteriores relevantes ao domínio. É altamente provável que isso foi causado devido à falta de validação das heurísticas propostas (IBID., p. 39).

Novamente, na citação anterior, os autores pontuam a falta de rigor que já foi comentada. A exploração de estudos prévios é valiosa na identificação de informações a respeito do que já foi desenvolvido no campo de estudo e o que ainda precisa ser pesquisado, garantindo não somente fundamentação e consistência ao estudo a que se propõe mas também minimizando esforços na direção do que já se conhece. No que diz respeito a essa questão relacionada ao presente estudo, mesmo que não exista ainda um conjunto para avaliação heurística em sistemas *m-learning* capaz de viabilizar a exploração de estudos existentes no domínio, é pertinente resgatar o conhecimento presente naqueles estudos comprometidos com a proposição de conjuntos de heurísticas específicos aos domínios *e-learning* e *mobile*, por integrarem juntos o domínio em investigação neste momento.

Ainda no que se refere aos processos de validação, 19 estudos se preocuparam em incluir aspectos capazes de oferecer informações a respeito da eficiência dos conjuntos heurísticos propostos e, de maneira geral, sugeriram que seus conjuntos de heurísticas foram capazes de identificar um número maior de problemas de usabilidade em comparação com aqueles de natureza genérica, muito embora, apenas 6 destes tenham empregado comparação estatística. A eficiência dos conjuntos em relação ao aspecto de severidade dos problemas de usabilidade foi investigada por 11 estudos, cujos padrões de abordagens identificados são descritos no Quadro 3. Neste aspecto, alguns estudos reportaram que seus conjuntos específicos foram mais acurados por conferirem um grau maior de

severidade em relação aos genéricos, enquanto outros reportaram resultados mistos (IBID., p. 38). No entanto, Hermawati e Lawson (2016) relatam uma dificuldade em comparar os resultados de eficiência entre os estudos por não ser comum a utilização da mesma definição para as métricas e sugerem que deva haver um consenso entre os especialistas de forma a tornar mais claras as informações extraídas deste processo: “[...] medidas padrão devem ser adotadas para indicar a eficiência das heurísticas. Por exemplo, uma combinação das métricas de Hartson et al. (2001) e da distribuição de severidade dos problemas identificados poderia ser adotada como padrão mínimo (IBID, p. 39, tradução nossa)”.

Quadro 3 - Abordagens utilizadas para verificação da eficiência de heurísticas de domínios específicos com relação ao grau de severidade.

No.	Abordagem	Descrição
1	Calcular a média dos valores de severidade identificados por cada uma das heurísticas e pelo conjunto.	Utiliza-se uma escala de severidade (ex: Nielsen, 1995; Hartson et al., 2001) para categorizar os problemas de usabilidade identificados. Depois, calcula-se a média desses valores para cada uma das heurísticas e para todo o conjunto. Analisa-se o grau de severidade identificado por cada heurística e por todo o conjunto.
2	Calcular o número de problemas identificados para cada nível de severidade	Utiliza-se a “Escala de taxa de severidade (Nielsen, 1995)”, para categorizar os problemas de usabilidade identificados em: nenhum problema, estético, mínimo, grande, catastrófico. Depois, calcula-se o número de problemas identificados em cada categoria para análises.

Fonte: desenvolvido pelo autor, baseado no reportado por Hermawati & Lawson (2016).

Outro aspecto observado diz respeito à negligência em prover detalhamentos suficientes do estudo ou à provável inconsistência no gerenciamento dos recursos humano e de tempo disponíveis, o que sugere influência na definição e aplicação de métodos insubstanciais. Alguns estudos (ex.: REEVES, 2002; VÄÄNÄNEN-VAINIO-MATTILA & WÄLJAS, 2009; BERTINI et al., 2016) não apresentam detalhamento suficiente ou claro sobre os procedimentos empregados nas etapas da pesquisa, a forma com que extraíram ou traduziram a informação em heurísticas, e o tratamento das informações ou dados coletados. Além disso, estudos que parecem ter proposto conjuntos de heurísticas mais adequados às necessidades do domínio (ex.: INOSTROZA et al., 2012a,b; 2013, 2016) não apenas proporcionaram detalhamento significativo dos processos, mas também se apropriaram de um número maior de etapas sistemáticas e substanciais a médio prazo que, apesar de terem demandado um tempo superior, ao longo prazo conferiram significativa robustez ao método.

O que se percebe é que, o fato de estudos terem percorrido uma etapa de validação não necessariamente significou a adoção de metodologias consistentes. De forma similar, métodos mais sistemáticos requererem um tempo maior para execução, o que pode implicar na necessidade de se produzir diferentes estudos para diferentes estágios. Como se sabe, é comum também que estudos validativos sejam aplicados em qualidades específicas de pesquisa, como acontece em cursos de doutorado, por exemplo. Embora Hermawati e Lawson (2016) tenham sido enfáticos em destacar a carência de processos validativos em determinadas pesquisas, eles não consideram em sua discussão fatores como esses. Outros pontos não observados por eles, mas que foram julgados como importantes para esta dissertação, serão discutidos na sessão 2.3 desta dissertação através da análise mais profunda de determinados estudos.

Por fim, os autores discutem ainda os resultados encontrados a respeito do tempo de aplicação das heurísticas específicas na avaliação da usabilidade dos sistemas por especialistas. “Dois dos estudos reportaram que as heurísticas de domínio específico levaram um tempo maior para completar a avaliação em comparação com heurísticas genéricas, enquanto apenas um reportou o contrário (p. 38, tradução nossa)”. Por fim, eles ressaltam a importância da inclusão de especialistas do domínio não somente no processo de desenvolvimento das heurísticas, mas também nas etapas de validação, posto que a carência de experiência dos especialistas foi responsável por tornar alguns problemas de usabilidade específicos ao domínio indetectáveis (HERMAWATI; LAWSON, 2016, p. 39).

Esta questão é fundamentada no estudo de Nielsen (1994a, p. 161), em que um mesmo sistema foi submetido à avaliação heurística a partir de três grupos de avaliadores. No primeiro grupo os especialistas possuíam conhecimento sobre sistemas computacionais mas nenhum a respeito de usabilidade; o segundo era formado por especialistas de usabilidade, mas não do domínio da interface; e no terceiro, eles possuíam conhecimento sobre usabilidade e o domínio em questão. O resultado do estudo concluiu que o primeiro grupo foi capaz de identificar 22% dos problemas de usabilidade da interface, o segundo, 41%, e o terceiro, 60%, sugerindo que, além das diferenças individuais, existem diferenças significativas no desempenho de avaliadores com relação ao nível de experiência. Portanto, principalmente na avaliação de usabilidade em sistemas de domínio específico, é

imperativo assegurar-se a respeito do nível de experiência dos avaliadores, na certeza de que se trata de um aspecto capaz de influenciar diretamente a validade do conjunto de heurísticas proposto.

Em face ao que foi discutido, a partir dos resultados apresentados no estudo de Hermawati e Lawson (2016), é certo que a metodologia praticada no desenvolvimento de heurísticas para domínios específicos deve depender das particularidades e complexidades que se revelam a partir de cada domínio. Tal condição é a causa provável da indefinição de um padrão consolidado entre os pesquisadores que tem praticado processos distintos, muito embora se perceba também que em alguns estudos não existe clareza a respeito da real vantagem de se utilizar um conjunto específico ao invés dos tradicionais.

Por outro lado não resta dúvidas de que a metodologia empregada deva considerar as etapas fundamentais para se conseguir alcançar um conjunto de heurísticas de fato eficiente e representativa do domínio, o que apenas pode ser possível diante da definição de objetivos consistentes dentro do escopo particular a cada domínio. Não obstante, a coerência de se definir as etapas da pesquisa em consonância com os recursos humano e de tempo disponíveis pode ser fundamental para a aplicação de métodos consistentes, características influenciadoras da validação de um estudo.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS E ASPECTOS INFLUENCIADORES DA USABILIDADE EM SISTEMAS *M-LEARNING*.

Uma vez discutidos os métodos a partir dos quais é possível desenvolver heurísticas para domínios específicos, a presente sessão se concentra em introduzir o universo da usabilidade em interfaces de sistemas *m-learning*, ao explorar as características, os elementos e os aspectos capazes de influenciá-lo, na certeza de que seu conhecimento é fundamental ao processo de desenvolvimento do conjunto que será proposto. Nesse intuito, optou-se por reservar uma sub-sessão às discussões da teoria concernentes ao domínio *mobile*, por ser tratada em estudos específicos a essa natureza, muito embora se saiba que, no presente estudo, ela não está desassociada do domínio *m-learning*, que também é discutido mais adiante.

### 2.2.1 O domínio *mobile*: características técnicas e de usabilidade

Como se sabe, um dispositivo móvel carrega características que o distancia de um computador convencional e, portanto, precisa ser portátil, agregar facilidade de transporte, permitir a mobilidade do usuário durante a interação e possuir conectividade sem fio (CYBIS, BETIOL, FAUST, 2010, p. 261). Contudo, diferentes e significativas características também podem variar entre os tipos de dispositivos móveis, os fabricantes e os sistemas operacionais, uma condição que certamente influencia diretamente a qualidade interativa entre o usuário e o sistema.

Nos estudos de Nielsen e Budiu<sup>2</sup> (2015, p. 15) foram encontradas três classes distintas de aparelhos móveis: 1) telefones celulares normais, ou telefones com recursos, presentes principalmente em países em desenvolvimento e que permitem uma interação mínima com sites; 2) smartphones, aparelhos com teclado físico e teclas de A-Z, tela média, conexão de internet 3G e/ou Wi-fi e baixa qualidade interativa; 3) telefones com tela completa que se expande por praticamente toda a face do aparelho, sensível ao toque, interface por manipulação direta e gestos de toque, conectividade de internet 3G/4G e Wi-fi, e melhor usabilidade dentre as categorias. As taxas de sucesso em tarefas encontradas nesses aparelhos foram respectivamente 44%, 55% e 74%, sugerindo que quanto mais recursos o aparelho possuir ou mais avançada for a tecnologia, melhor será a experiência de uso, apesar de esta última classe de aparelhos ainda apresentar resultados abaixo do ideal.

Em função do avanço das tecnologias móveis ao longo dos últimos anos que culminou na diminuição dos custos de produção e na manufatura em ainda maior escala, observa-se que atualmente estas classes de dispositivos já adotam nova classificação. Sistemas que geralmente possuem tela sensível ao toque de alta definição entre 7 e 13 polegadas, hardware de médio processamento, conectividade 3G/4G e/ou Wi-Fi, e suporte a aplicativos destinados a uma variada gama de atividades, são referidos como tablets. Outros, são direcionados especificamente à

---

<sup>2</sup> No início dos anos 1990 o pesquisador Jakob Nielsen foi um dos pioneiros ao explorar as questões relacionadas à usabilidade de sistemas web e em definir parâmetros importantes para avaliar e projetar sites que priorizassem a experiência do usuário. Mais recentemente, entre os anos 2009 e 2012, diante da baixa qualidade interativa percebida, comum nos atuais sistemas *mobile* que começavam a ser adotados por um número cada vez mais crescente da população mundial, esse pesquisador esteve novamente à frente de estudos com usuários na intenção de levantar as particularidades intrínsecas ao contexto móvel. As descobertas destes estudos foram publicadas no ano de 2015 em forma de um extenso relatório no livro “Usabilidade Móvel” de autoria conjunta com Raluca Budiu.

leitura de livros e arquivos textuais digitais, possuem iluminação que simula uma página de papel (ex: tecnologia E-ink®), tela sensível ao toque - e em alguns casos, integrada a poucos botões físicos -, bateria de longa duração, e *hardware* de baixo processamento, e compreendem a categoria conhecida como *E-reader*. Quanto aos telefones celulares, aqueles com recurso ou dotados de teclado físico se tornaram infrequentes, de modo que os atuais smartphones são caracterizados pelo design de barra, podem chegar a ter tela de alta definição de 6 polegadas, *hardware* de alto processamento, câmera de captura de vídeo em formato 4K, conexão de internet 4G e *Wi-Fi*, sensores de movimento e leitura facial, leitura digital, e suporte aos mais variados aplicativos.

De acordo com a Gartner Inc (2016), empresa mundial em pesquisas de tecnologia da informação, os atuais smartphones representaram 78% do total de aparelhos celulares vendidos ao usuário final no mundo no primeiro trimestre de 2016, um acréscimo de 3,9 pontos percentuais em comparação com o mesmo período do ano anterior. Nesse mesmo relatório é possível observar que os aparelhos mais utilizados pela população são Samsung e Apple, que dividem respectivamente 23,2% e 14,8% do mercado; além de que a adoção do Sistema Operacional está de longe concentrada no Android, presente em 84,1% dos smartphones, seguido pelo iOS com 14,8% e o Windows Mobile com 0,7%.

Diante de diferenças significativamente acentuadas, não poderia ser diferente, portanto, que os dispositivos móveis trouxessem à tona novos desafios concernentes à interação entre o homem e a interface, alheios àqueles conhecidos e explorados por décadas no domínio dos computadores convencionais. Nesse sentido, a partir de uma sistemática revisão da bibliografia, os pesquisadores Zhang e Adipat (2005) categorizaram os seguintes desafios relacionados especificamente à usabilidade em dispositivos *mobile*: 1) contexto móvel: qualquer informação caracterizada pela interação entre usuários, aplicações e o ambiente, como localização, pessoas ao redor, objetos, e elementos ambientais que podem distrair o usuário; 2) conectividade: a conectividade sem fio varia de acordo com a mobilidade do usuário, sendo capaz de influenciar o fluxo de mídias e a velocidade de carregamento de páginas; 3) tamanhos de tela reduzidos: limitação que pode comprometer a experiência do usuário caso o projeto do site ou aplicativo não esteja em conformidade com as características do sistema; 4) diferentes resoluções de tela: aparelhos móveis comportam menor resolução de tela (menos pixels) em

comparação com um computador convencional, consequentemente, os diferentes níveis de resolução encontrados nos diferentes tipos de dispositivos pode influenciar a usabilidade; 5) capacidades de processamento e de energia limitadas: aplicativos com demanda intensa de processamento podem não ser práticos em sistemas móveis devido a limitações de bateria e de *hardware*; 6) métodos de entrada de dados: os teclados pequenos limitam a digitação, reduzindo a velocidade de entrada de dados e aumentando a ocorrência de erros; 7) multimodalidade: por mais que a combinação de teclado, voz e leituras faciais possa proporcionar ao usuário um certo nível de facilidade, ela também pode implicar em questões de usabilidade que precisam ser observados em contextos separados (ZHANG & ADIPAT, 2005, p. 295-296).

Percebe-se que esses desafios não se distanciam daqueles observados nos recentes estudos empíricos realizados por Nielsen e Budiu (2015). De maneira geral, estes pesquisadores identificaram o seguinte padrão de experiência do usuário em dispositivos móveis: taxas de sucesso extremamente ruins; demasiado tempo de download e/ou carregamento de conteúdo; dificuldades em rolar a tela e navegar pela mesma página; excesso de informação em uma única página; falta de familiaridade do usuário com a interface; problemas durante a reprodução de mídias; receio em efetuar compras on-line devido à falta de credibilidade transmitida pelas falhas da interface; recorrente necessidade de utilizar ferramentas de buscas, comportamento característico da navegação em computadores tradicionais; projetos com mídias específicas ao domínio web (NIELSEN & BUDIU, 2015, p. 11-12).

Esses autores são frequentemente enfáticos em comparar as diferenças que se deve levar em consideração no projeto de interface para o computador tradicional e para dispositivos móveis. As principais diferenças residem em alguns aspectos chave específicos à mobilidade, conforme categorizamos a seguir:

- *Informação disponível em cada tela:* conteúdos de mídia e, principalmente, textuais precisam ser simplificados nos dispositivos móveis ou hierarquizados de forma a priorizar na primeira tela os conteúdos mais importantes e, aqueles considerados secundários devem ser agrupados em telas secundárias. Essa condição se deve especialmente ao fato de os usuários se sentirem mais impacientes em movimento e, também, está associada com o tempo de download e carregamento de páginas e conteúdos. Além disso, a interface móvel demanda imagens de tamanho menor, vídeos, gráficos, tabelas e informações imagéticas construídas e dispostas de maneira a aproveitar coerentemente os limites do espaço disponível, procurando harmonia com o texto e evitando excesso de rolagem (p. 21-27; 79-81).
- *Espaço da tela:* o relativo pequeno espaço da tela de um dispositivo móvel deve ser valorizado e equilibrado de forma a conter toda a informação que o usuário precisa, evitando excessos ou simplicidade exagerada. Além disso, como a dimensão da tela varia entre os dispositivos, a quantidade da informação também precisar variar, o que significa em alguns casos diferentes projetos de interface para cada tipo de dispositivo (p. 52-59).
- *Técnicas de interação:* os recursos interativos como transição de páginas, *feedback* de carregamento, animações, e similares devem ser projetados a partir das linguagens que funcionam melhor no contexto móvel (p. 23). O *javascript*, por exemplo, é uma linguagem específica da web; já a linguagem *HTML5* tem se mostrado mais eficiente nos aplicativos e sites *mobile*.
- *Comandos genéricos vs. sobrecarregados:* os comandos genéricos (como o movimento de pinça para ampliar uma imagem ou tela) utilizam o mesmo comando em contextos diferentes para conseguir o mesmo resultado e são melhor compreendidos pelos usuários. Por outro lado, os comandos sobrecarregados utilizam variantes do mesmo comando em contextos semelhantes ou diferentes, para resultados diferentes (como dois botões “home” que levam a diferentes telas de início), e é comum que eles causem ao usuário certo nível de confusão. Dessa forma, deve-se priorizar pelos comandos genéricos e, quando for necessária a presença de comandos sobrecarregados, estes precisam ser apresentados de forma a reduzir possíveis erros de interpretação (p. 63-68).

• *Digitação e campos de digitação*: em um teclado virtual, os maiores problemas residem na necessidade de o usuário se atentar ao teclado e no *feedback* haptico, ou seja, saber se o toque foi preciso o suficiente para selecionar a tecla desejada. Dessa forma, o princípio deve sempre ser poupar ao máximo o usuário desse processo, o que pode ser feito de diversas formas dependendo do tipo de informação requerida. O sistema pode, por exemplo, limitar os campos da informação com o número e o tipo de caracteres necessários e; oferecer um teclado com apenas as teclas indispensáveis para inserir determinada informação, como evidenciar a tecla @ em um formulário de e-mail (NIELSEN & BUDIU, 2015, p. 76-79).

Uma outra questão levantada a partir das descobertas desses pesquisadores tem a ver com a conformidade das características da interface *mobile* com as demandas e particularidades de cada projeto. De acordo com eles, as três categorias de interface comumente observadas em dispositivos móveis compreendem o site completo, o site responsivo e o aplicativo móvel - popularmente conhecido como *app* -, e proporcionam ao usuário níveis diferentes de qualidade interativa percebida.

Os chamados sites completos são basicamente aqueles construídos para acesso exclusivo em computador convencional e que, apesar de oferecerem ao usuário de dispositivo móvel uma interação inferior, são frequentemente a única opção disponibilizada por algumas empresas (NIELSEN & BUDIU, 2015, p. 18-19). Por outro lado, os sites responsivos possuem determinados ajustes técnicos destes primeiros de forma a tornar a experiência do usuário consideravelmente mais adequada ao contexto da mobilidade. Tais ajustes são incorporados à própria arquitetura do site completo que identifica o acesso da *url* em um dispositivo móvel, transferindo ao sistema uma interface com informações reduzidas e adaptadas às dimensões da tela.

Uma forma cada vez mais popular de trabalhar com o dilema de sites completos versus sites móveis é usar o projeto responsivo que significa otimizar o layout de uma página Web para as dimensões da tela e a orientação da tela. Os diferentes elementos da página são dispostos em uma grade flexível; a grade se ajusta às dimensões da tela. Assim, o layout multicolunas do site para desktop se torna um layout de uma coluna no dispositivo móvel. O mesmo conteúdo e recursos do site são apresentados em ambas, a versão para desktop e a móvel. [...] O projeto responsivo pode funcionar bem para aqueles sites nos quais todos os recursos ou conteúdo presentes no site completo têm igual tendência de serem acessados no dispositivo móvel (NIELSEN & BUDIU, 2015, p. 28, grifos originais).

Apesar de um site responsivo ser uma alternativa para potencializar a experiência do usuário, as vantagens provenientes de suas características são limitadas em comparação com as observadas nos aplicativos móveis. Por se tratar de um *software* que é instalado no aparelho, um *app* possui a capacidade de funcionar off-line, dotar recursos complexos, produzir interações integradas com o sistema *mobile*, entre outras. Segundo os autores, os usuários possuem um desempenho 10% superior em aplicativos, quando comparados aos sites móveis.

Os aplicativos móveis são mais usáveis do que os sites otimizados para os dispositivos móveis porque apenas uma otimização limitada é possível durante o projeto do site. Um *app* pode objetivar as limitações e habilidades específicas de cada dispositivo muito melhor do que um site consegue quando roda em um navegador (NIELSEN & BUDIU, 2015, p. 34).

Percebe-se, no que se relaciona à categoria de interface *mobile*, que os *apps* são a alternativa mais eficiente no sentido de potencializar a experiência do usuário, no entanto, a definição quanto à adoção de uma categoria em relação a outra deve considerar aspectos como custo-benefício, utilidade, demanda de acesso, e as ferramentas que realmente interessam ao projeto em questão. Por mais vantajosos que os aplicativos devam parecer, em alguns casos ainda é preferível escolher por um site responsivo, caso considere que suas características sejam suficientes para atender bem o público-alvo, contudo, isso não deve ser premissa para deixar de lado um projeto centrado na experiência do usuário, que possui igual peso no desenvolvimento de qualquer interface.

Ao que parece, diante disso e de acordo com o que tem sido observado nas estratégias das empresas do segmento, um *m-learning* oferecido através de um aplicativo tem a capacidade de proporcionar aos seus usuários uma interação mais rica em comparação com um site móvel, porque os tipos de tarefas desempenhadas nesses tipos de plataformas geralmente envolvem recursos multimídia e de interação complexos, conforme discutiremos adiante.

### **2.2.2 A complexidade inerente às plataformas *m-learning* e suas implicações para a usabilidade**

As primeiras abordagens de educação à distância a partir da tecnologia, no início da década de 1980, utilizavam as ferramentas disponíveis no rádio e na TV para transmitir conhecimento formal à população. Mais tarde, com a popularização do computador, as tecnologias multi e hipermídia permitiram o compartilhamento de

conhecimento através de CD ROMs. Não demorou muito para que a disseminação da internet em meados dos 1990 proporcionasse ao âmbito da educação formas de aprendizagem jamais vistas até então, tornando possível, através do *e-learning* mediado por Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, o ensino assíncrono, colaborativo e social (VINU; SHERIMON; KRISHNAN, 2011, p. 3068). Não poderia ser diferente, portanto, que o movimento novamente disruptivo provocado pelo advento de plataformas *m-learning*, principalmente a partir do início dessa década, conferisse à educação meios e ferramentas únicos a esta era.

A aprendizagem móvel é uma das atuais tendências chave das aplicações educacionais para novas tecnologias. O'Malley et al. (2003: P6) definiram o *m-learning* como o tipo de aprendizagem que acontece quando o aluno não está em um local fixo, predeterminado, ou quando o aluno aproveita as oportunidades de aprendizagem oferecidas pelas tecnologias móveis. Kukulska-Hulme (2005) relacionou o *m-learning* com a mobilidade dos alunos, no sentido de que eles devem ser capazes de envolver-se em atividades educacionais sem estarem vinculados a um local físico delimitado. Assim, a aprendizagem móvel dispõe de alunos envolvidos em atividades educacionais, utilizando a tecnologia como uma ferramenta de mediação para a aprendizagem através de dispositivos móveis, acessando dados e se comunicando com outros através de tecnologia sem fio (WU et al., 2012, p. 818, tradução nossa).

A partir dessas definições é possível compreender, portanto, que o termo *m-learning* se refere a aprendizagem mediada por ambientes virtuais desenvolvidos especificamente para dispositivos móveis portáteis, classificados como sistemas ou plataformas ou aplicativos *m-learning* que, diferentemente dos sistemas *e-learning*, permitem acesso ao conhecimento sem a necessidade de o aluno estar conectado por fio. Alguns autores (ex. LEE, 2011; LEE; SALMAN, 2012; ELLEITHY; RAZAQUE, 2012; CHEONG; BRUNO; CHEONG, 2012; GLACKIN; RODENHISER; HERZOG, 2014) utilizam a terminologia “aplicativos de Aprendizagem Móvel Colaborativa” para se referirem a estes sistemas devido a sua característica intrínseca de colaboração, apesar de não existirem diferenças entre eles. Além disso, Magal-Royo et al. (2007, p. 22) destacam também os aplicativos *m-learning* como componentes potenciais para integrar a modalidade *blended-learning*, ou simplesmente *b-learning*, que consiste na combinação do ensino presencial com abordagens mediadas por dispositivos computacionais.

Apesar de os aplicativos *m-learning* serem baseados em uma tecnologia relativamente nova, seu método pedagógico nada se distancia daqueles observados nos tradicionais *e-learnings* (MAGAL-ROYO et al., 2007, p. 22), já que as diferenças mais substanciais têm a ver essencialmente com os aspectos pertinentes à

mobilidade. De acordo com Hashemi et al. (2011 p. 2479), as principais utilidades da educação mediada por dispositivos móveis estão associadas à administração, organização e assistência aos professores, e ao suporte na aprendizagem para os alunos. Dessa forma, mesmo em movimento ou nos mais distintos lugares e contextos, os envolvidos podem acessar bibliotecas de documentos, ter acesso a auto-avaliação, participar das lições e tutoriais, assistir a exposições de aulas transmitidas por *streaming*, ter acesso a bibliotecas de vídeo e áudio, engajar em listas de discussões sobre o conteúdo, e participar de comunidades virtuais.

Os elementos e as características principais do processo de ensino e aprendizagem mediado por dispositivos móveis são discutidos pelos autores Ozdamli e Cavusb (2011, p. 938). Segundo eles, as características de um *m-learning* precisam ser previamente planejadas, além de que seus elementos básicos e a interação entre eles devem obedecer uma combinação coerente de forma a permitir que a implementação seja eficiente. Nesse sentido, as características fundamentais dessas plataformas são classificadas da forma como se segue: 1) capacidade ubíqua - ou onipresença, permite que o acesso ao ambiente se dê em qualquer local, desde que se tenha conectividade, privilegiando a espontaneidade; 2) portabilidade; 3) combinação de abordagens - permite aplicação de métodos presenciais e online, ou simplesmente a utilização no ciberespaço; 4) privado - cada aluno pode acessar o conteúdo de forma independente, o que não significa restringir as interações online; 5) interatividade - os alunos interagem entre si e com o professor de maneira ativa em diferentes níveis; 6) colaboratividade - permite o trabalho em equipe; 7) informação instantânea - os alunos são motivados pelo imediatismo (IBID., p. 940-941).

Não menos importantes, os elementos mínimos de um *m-learning* compreendem 1) aluno - está no centro do processo de aprendizagem e possui um papel ativo desde a definição dos objetivos a serem alcançados até o estágio de avaliação; 2) professor - adquire a postura descentralizada de consultor, uma vez que é responsável por identificar os interesses dos alunos, relacionando-os com objetivos, e oferecendo oportunidades para que sejam alcançados; 3) conteúdo - geralmente multimídia, cujos detalhes e extensão devem variar de acordo com a necessidade dos estudantes; 4) ambiente - o espaço virtual precisa prover o material necessário, proporcionar interação entre os professores e os pares, ferramentas colaborativas, etc.; 5) avaliação - um componente fundamental que precisa registrar

o desempenho e a capacidade crítica dos alunos, reportar o *feedback* do professor, e pode se dar através de quizzes, listas de discussões, exames, etc. (IBID., p. 938-940).

É certo que a complexidade inerente aos elementos e características do *m-learning* é responsável por tornar a usabilidade desses sistemas igualmente complexa. Por se tratar de um aplicativo para dispositivo móvel, eles consequentemente são passíveis das mesmas limitações como baixo poder de processamento e da bateria, limitação de memória, e teclados pequenos. Além disso, em comparação com os sistemas *e-learning*, os fatores concernentes à infraestrutura dos ambientes virtuais para dispositivos móveis tornam o desenvolvimento de sua interface ainda mais oneroso porque precisa possuir conformidade com a tela pequena, e com os diferentes tipos de dispositivos e sistemas operacionais. Mas não somente, o formato do material didático deve ser específico, as unidades de informação transferidas entre alunos e professores devem ser reduzidas, e os cursos e vídeos devem possuir curta duração (ACHARYA; SINHA, 2013 p. 69).

Esse nível de complexidade é evidente em um recente estudo desenvolvido pelos pesquisadores Harpur e De Villiers (2015). A partir da revisão da literatura existente, os autores levantaram um extenso corpo de informação relacionado aos aspectos importantes para garantir a usabilidade em sistemas *m-learning*. Eles estão definiram cinco categorias, conforme são descritas a seguir.

- *Usabilidade genérica*: baseada nas heurísticas clássicas de Nielsen (1994a,b), os pesquisadores definiram que o sistema precisa ser caracterizado por consistência e estética; atender às necessidades dos alunos proporcionando familiaridade com o mundo real; prevenir, detectar e recuperar os erros; e facilitar a carga cognitiva.
- *Aprendizagem baseada na web*: na condição de aplicação baseada na web, um *m-learning* deve prover simplicidade e navegação, organização e estrutura; possuir relevância do conteúdo do site com o aluno, e adequação com o processo de aprendizagem; os materiais do curso como arquivos, vídeos e podcasts devem ser facilmente acessados, além de possuir qualidade substancial e poder ser acessado através dos diferentes tipos de dispositivos.

• *Usabilidade pedagógica*: diferentemente da usabilidade convencional, esta está focada especificamente nos elementos da aprendizagem e na relação entre o conteúdo e os objetivos, processos e resultados. Fatores pedagógicos são importantes como metas motivacionais, objetivos contextuais, e resultados da aprendizagem ativa. O conhecimento deve ser extraído das necessidades específicas dos alunos. O *feedback*, a orientação e a avaliação devem subsidiar assimilação substancial do conteúdo do curso.

• *Características do m-learning*: em se tratando de uma modalidade de aprendizagem contextual e complexa, um *m-learning* demanda análises de diversos aspectos como as diferenças entre os dispositivos móveis; as capacidades e limitações de tecnologias emergentes; a condição centralizada do usuário e a flexibilidade comuns esses sistemas; e o impacto oriundo da mobilidade e da interação nas atividades colaborativas.

• *Experiência do usuário*: os autores defendem que o sucesso de um *m-learning* está associado com os aspectos hedônicos das percepções pessoais dos usuários e a sua capacidade de proporcionar experiências emotivas. A experiência do usuário, nesse sentido, reflete os níveis de satisfação associados com o sistema, a concretização de objetivos pessoais e sentimentos de conquista. Os aspectos emocionais envolvem afeto, excitação, interesse, atitude, diversão, alegria e crenças. Portanto, a interface de um *m-learning* deve possuir apelo suficiente para proporcionar experiências satisfatórias e envolventes (IBID., 2015, p. 8-9).

É certo, portanto, que a usabilidade em aplicativos *m-learning* não pode ser definida levando em conta apenas os conhecimentos amplamente consolidados na teoria destinados a sistemas baseados na web tradicional, tampouco pode ser avaliada utilizando conjuntos genéricos, devido às características técnicas singulares aos dispositivos móveis e à complexidade de fatores específicos que envolve o processo de ensino e aprendizagem. Tal compreensão, consequentemente, consolida o fato de que a avaliação heurística nesses sistemas deve contar com um conjunto específico, capaz de subsidiar o avaliador com as informações adequadas a uma coerente inspeção de interface, orientando-o de maneira eficiente, e auxiliando-o principalmente no reconhecimento dos problemas de usabilidade relacionados à natureza desses fatores. Nesse sentido, a seguir serão apresentados e discutidos os estudos existentes que se engajaram no desenvolvimento de

conjuntos de heurísticas para sistemas *mobile* e *e-learning*, uma vez que, conforme já discutido no capítulo 2.1, seus resultados são substanciais às intenções da presente pesquisa.

## 2.3 HEURÍSTICAS EXISTENTES NOS DOMÍNIOS MOBILE E E-LEARNING

Na sessão 2.2, a pesquisa de revisão bibliográfica a respeito dos métodos para desenvolvimento de heurísticas para sistemas de domínios específicos, desenvolvida por Hermawati e Lawson (2016) foi apresentada e discutida. Nela, ainda foi possível identificar alguns estudos orientados ao desenvolvimento de heurísticas para os sistemas de domínio *mobile* e *e-learning*, conforme já foi mencionado. Tendo em vista que essas pesquisas são relevantes para as intenções do atual trabalho, este tópico se reserva a explorar com maior profundidade os conjuntos heurísticos desenvolvidos e os resultados identificados nos referidos estudos.

### 2.3.1 Heurísticas para avaliação da usabilidade de sistemas mobile

A primeira loja para venda e compra de aplicativos móveis nos atuais moldes foi inaugurada em 2006 pela *Apple* e, desde então, alguns estudos se engajaram no desenvolvimento de heurísticas para avaliação da usabilidade desses sistemas. O primeiro estudo desse tipo foi proposto por Bertini et al. (2006), destinado a interfaces que eles chamaram de computação móvel. Nesse estudo os autores investigaram um corpo de pesquisas relacionadas à Interação Humano-Computador (IHC) em dispositivos móveis com a finalidade de identificar problemas de usabilidade que foram posteriormente categorizados e abstraídos em heurísticas. O experimento para validação envolveu sessões individuais de avaliação heurística com oito especialistas que avaliaram a usabilidade de duas aplicações móveis, em duas condições distintas: na primeira, quatro especialistas utilizaram o conjunto heurístico padrão de Nielsen (1994a,b); e na segunda, os outros quatro especialistas contaram com o conjunto de heurísticas ora proposto. Além disso, em ambas as condições a Escala de Classificação de Severidade de cinco pontos foi utilizada para indicar o quanto severo eram os problemas identificados. A análise dos resultados demonstrou que o conjunto de heurísticas proposto, apesar de ter demandado um

tempo maior dos especialistas provavelmente por causa do fator de familiaridade com o conjunto, foi capaz de identificar um número maior de problemas de usabilidade, principalmente aqueles relacionados ao domínio móvel. As heurísticas propostas nesse estudo (anexo A) foram “visibilidade do estado do sistema e da capacidade de perder/encontrar o dispositivo móvel”; “conformidade entre o sistema e o mundo real”; “consistência e mapeamento”; “boa ergonomia e design minimalista”; “facilidade de entrada, leitabilidade da tela e capacidade de visão”; “flexibilidade, eficiência de uso e personalização”; “estética, privacidade e convenções sociais”; “gerenciamento de erro realista” (BERTINI et al., 2006, p. 123, tradução nossa).

Tendo em vista que a publicação dessa pesquisa é datada do mesmo ano em que se observa a disseminação dos tipos de aplicativos atuais, é importante observar que o desenvolvimento do sistema não compreendeu os dispositivos e aplicativos móveis modernos e que a validação do conjunto proposto foi aplicada utilizando dispositivos do tipo PDA<sup>3</sup>. Entretanto, tal condição não o torna menos relevante, uma vez que ele comporta constructos atemporais do domínio da mobilidade que se aplicam aos sistemas móveis contemporâneos.

Mais recentemente, Neto e Pimentel (2013) identificaram, a partir da bibliografia e pela inspeção da interface de quatro aplicativos para dispositivo móvel, problemas de usabilidade que julgaram importantes para o desenvolvimento de heurísticas específicas à avaliação em aplicações *mobile*. A categorização dessas informações foi então associada e/ou aproximada com as heurísticas de Nielsen (1994a,b), produzindo o conjunto específico proposto após sessões de *brainstorming* com especialistas que tinha a finalidade de refiná-lo. A validação se deu a partir da avaliação heurística de um aplicativo *mobile* com cinco especialistas que o utilizaram, e cinco outros que foram guiados pelas heurísticas de Nielsen (1994a,b). De acordo com os autores, as heurísticas desenvolvidas obtiveram melhor desempenho na detecção de problemas de usabilidade na interface analisada. É possível observar, a partir do que foi relatado no estudo, uma preocupação em empregar uma metodologia consistente, o que pode garantir maior confiabilidade ao produto final. O conjunto compreendeu as heurísticas (anexo B) “bom

---

<sup>3</sup> PDA é a sigla em inglês para os dispositivos conhecidos como Personal Digital Assistant, ou Assistente Digital Pessoal em português. Esse tipo de aparelho também pode ser designado como *palmtop* e foi precursor dos atuais *tablets*,

aproveitamento do espaço da tela”; “consistência e padrões da interface”; “visibilidade e acesso fácil a toda informação existente”; “adequação entre o componente e sua funcionalidade”; “prevenção de erros e retomada rápida ao último estágio estável”; “facilidade de entrada de dados”; “facilidade de acesso às funcionalidades”; “feedback imediato e fácil de ser notado”; “ajuda e documentação”; “minimização da carga de memória do usuário” (NETO, 2013, p. 47-48).

Faz-se importante sublinhar que, embora esses pesquisadores tenham recorrido às *guidelines* dos fabricantes de sistemas operacionais e de dispositivos móveis, eles levaram em conta apenas aplicativos de terceiros<sup>4</sup> tanto nas fases de desenvolvimento quanto no processo de validação, e não explicitaram em seus estudos a conformidade do conjunto proposto com a categoria de aplicativos nativos. Os aplicativos nativos, por outro lado, são o foco explícito do conjunto de heurísticas construído por Joyce e Lilley (2014) que os consideram vitais à interação *mobile* e julgaram que as *guidelines* disponibilizadas por fabricantes tendem a desconsiderar aspectos de usabilidade. Os autores atribuíram a relevância de seu estudo ao fato de acreditarem que os conjuntos similares preteritamente desenvolvidos por Bertini et al. (2006), e por Inostroza et al. (2012a,b, 2013), que também serão discutidos mais adiante, não eram suficientes para avaliar de maneira eficiente aplicativos dessa natureza, apesar de não terem realizado estudos empíricos que validassem tal pressuposto. Em vista disso, usando como referência as heurísticas de Nielsen (1994a,b), eles definiram que suas heurísticas, denominadas SMART (acrônimo construído para *Smartphone Mobile Application heuRisTics*), deveriam ser mais aplicáveis ao domínio *mobile*, além de apresentarem títulos originais de forma a evitar ambiguidades com os domínios genéricos.

Dessa forma, primeiramente os pesquisadores definiram um conjunto de onze heurísticas extraídas a partir de estudos bibliográficos existentes sobre o domínio, cujos autores foram posteriormente submetidos a uma pesquisa online onde avaliavam cada heurística em uma escala Likert e forneciam feedback descritivo. De acordo com o estudo, os resultados desse experimento foram positivos em apontar que o conjunto heurístico proposto foi considerado útil para avaliação no domínio, e forneceram informações que foram utilizadas para refinar as heurísticas e incluir outras. Ao final, os autores chegaram ao resultado de treze heurísticas (anexo C),

---

<sup>4</sup> Aplicativos de terceiros adquire o sentido de aplicativos que não são nativos no sistema operacional do dispositivo móvel.

que consistiram em “fornecer notificação imediata do status da aplicação”; “usar temas e termos consistentes, bem como convenções e padrões familiares ao usuário”; “evitar erros sempre que possível”; “auxiliar os usuários sempre que um erro ocorrer”; “exibir uma sobreposição apontando as principais características quando apropriado ou solicitado”; “cada interface deve se concentrar em uma tarefa”; “interfaces intuitivas são mais fáceis para a jornada do usuário”; “projetar um caminho navegável claro para a finalização da tarefa”; “permitir opções de configuração e atalhos”; “surprender diversos ambientes *mobile*”; “facilitar entradas fáceis”; “utilizar a câmera, o microfone e sensores quando apropriado para reduzir a carga de trabalho do usuário”; “criar um ícone agradável esteticamente e identificável” (JOYCE & LILLEY, 2014, p. 471-473, tradução nossa).

No entanto, é possível observar no processo certa carência de rigor metodológico ou pelo menos a falta de detalhamento suficiente quanto aos procedimentos utilizados para se chegar ao resultado final. Um outro ponto que pode colocar em dúvida sua eficiência é a forma com que as heurísticas e seus detalhamentos foram redigidos em inglês – algumas sentenças foram de difícil compreensão possivelmente pelo fato de os autores não serem nativos da língua inglesa –, característica que fere um dos objetivos da pesquisa que envolvia justamente a prevenção de termos ambíguos.

Outra pesquisa similar, iniciada em 2012 por Inostroza et al. (2012a,b, 2013) e Inostroza e Rusu (2014), focou no desenvolvimento de heurísticas para dispositivos móveis baseados em tela sensível ao toque. O método construído pelos autores para desenvolver o conjunto de heurísticas consistiu em seis etapas que compreendiam a exploração da bibliografia relacionada a smartphones e a heurísticas similares; a extração e formalização dos conceitos relevantes à pesquisa; a análise de estudos de caso e de heurísticas tradicionais de modo a identificar as características que o conjunto deveria possuir; a formulação das heurísticas de acordo com um modelo padrão desenvolvido; a validação a partir do confrontamento do conjunto proposto com outro genérico, além de testes com usuários; e o refinamento baseado nos resultados da etapa anterior.

Esse estudo se destaca em relação aos demais devido a sua capacidade de proporcionar ao processo de desenvolvimento do conjunto, etapas minuciosas e metodologia robusta. Além disso, cientes do valor que a etapa de validação é capaz de agregar ao produto final, além daquela descrita anteriormente, alguns outros

experimentos foram realizados pelos autores posteriormente, incluindo uma segunda avaliação heurística em outro modelo de dispositivo móvel, e uma pesquisa online com especialistas de modo a verificar a capacidade de compreensão, clareza e consistência do conjunto.

Mais recentemente, Inostroza et al. (2016) submeteram suas heurísticas a um novo experimento, ainda mais substancial, que permitiu realizar ajustes finos, principalmente relacionados aos recentes paradigmas da mobilidade. Nesse estudo, dessa vez utilizando apenas o conjunto desenvolvido, 27 especialistas divididos em seis diferentes grupos experimentais realizaram uma avaliação heurística em um aplicativo de gerenciamento de arquivos na nuvem. As diferenças entre os grupos residiram no modelo de dispositivo móvel e/ou sistema operacional em que a aplicação foi instalada, e apesar de não terem sido expostos os objetivos da pesquisa, percebe-se que o intuito era identificar se essas variáveis poderiam influenciar na eficiência do conjunto, mas tais discussões não foram apresentadas. Juntamente com esse experimento, aos participantes foi pedido que respondessem a um questionário relacionado a utilidade, clareza, facilidade de uso e necessidade de incorporar outros elementos avaliativos no conjunto de heurísticas (como por exemplo, um *checklist*). Os dados foram tratados estatisticamente e suas análises apontaram modificações que resultaram em 12 heurísticas intituladas SMASH (anexo D), acrônimo para Smartphone uSability Heuristics ou Heurísticas de Usabilidade para Smartphones, em tradução livre para o português. As heurísticas desenvolvidas nesse estudo incluíram “visibilidade do estado do sistema”; “conformidade do sistema com o mundo real”; “controle e liberdade do usuário”; “consistência e padrões”; “prevenção de erros”; “minimizar a carga de memória do usuário”; “customização e atalhos”; “estética e design minimalista”; “ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros”; “ajuda e documentação”; “interações físicas e ergonomia” (INOSTROZA et al., 2016 p. 44-51, tradução nossa).

Apesar de os títulos das heurísticas se aproximarem daqueles observados em conjuntos genéricos, uma vez que esses foram utilizados como base, a SMASH apresenta informações detalhadas que envolvem definição, explicação, exemplos, benefícios e problemas individuais relacionados a cada heurística, em uma tentativa de minimizar ao máximo o nível de subjetividade oriundo da interpretação do avaliador. Além disso, percebe-se que os repetidos testes empíricos foram cruciais

para a definição dos termos mais adequados específicos domínio, o que também contribui para minimizar a subjetividade e evitar associações equivocadas com os conjuntos genéricos.

Curiosamente, as heurísticas desenvolvidas por Väänänen-Vainio-Mattila e Wäljas (2009) foram categorizadas no estudo de Hermawati e Lawson (2016) como conjunto destinado a inspeção da interface de *websites mobile*, muito embora os estudos publicados deixem claro que o domínio abrangido pelo conjunto compreende *websites multiplataforma*. As interfaces multiplataforma são aquelas que adaptam seu conteúdo a diferentes plataformas ou sistemas, como pode ser o caso de um sistema *m-learning* responsivo. Os autores atribuem a motivação de seus estudos à inexistência de heurísticas com foco na Experiência do Usuário e, por conseguinte, julgaram relevante limitar o escopo de seu conjunto às dimensões hedônicas e pragmáticas. De modo a sintetizar um conjunto inicial de heurísticas, foi realizada uma exploração do domínio na bibliografia e uma análise informal em *websites multiplataforma*. Posteriormente, três interfaces representantes do domínio foram avaliadas individualmente por três especialistas que utilizaram somente o conjunto inicialmente desenvolvido, em uma etapa que levantou informações relevantes para atualização das heurísticas e incorporação de novas. Entretanto os autores não apresentam nesse estudo um conjunto de heurísticas finalizado e também não foi possível encontrar estudos posteriormente publicados nesta intenção.

A característica singular desse conjunto, também a destaca das demais no contexto do presente estudo por abranger aspectos relacionados a questões hedônicas e pragmáticas, pouco ou não explicitamente observadas em conjuntos heurísticos, mas que cada vez mais se manifestam como importantes nos mais recentes estudos a respeito da Interação Humano-Computador.

Por fim, alguns estudos presentes em Hermawati e Lawson (2016) são focados no domínio *mobile*, mas não apresentaram conformidade com o escopo da presente pesquisa por compreenderem também outros domínios alheios aqueles que aqui interessam. As heurísticas desenvolvidas por esses estudos são substancialmente específicas a jogos *mobile* (KORHONEN; KOIVISTO, 2006; SOMRO et al., 2012), aplicativos móveis para cartografia (KUPARINEN et al., 2013), e aplicativos móveis para idosos (AL-RAZGAN et al., 2014) e, portanto, não foram detalhadas nessa sessão.

### 2.3.2 Heurísticas para avaliação da usabilidade de sistemas e-learning

Reeves et al. (2002) ampliaram as heurísticas de Nielsen (1994a,b) com intuito de torna-las mais adequadas a avaliação da usabilidade de softwares e-learning. A etapa de construção do conjunto de heurísticas envolveu estudantes de doutorado da área de tecnologia instrucional e membros docentes, em sessões de brainstorming que tiveram como objetivo discutir e levantar heurísticas adicionais exclusivas a avaliação no domínio específico. Um conjunto de 20 heurísticas foi definido juntamente com um protocolo que teve como objetivo padronizar o processo de avaliação heurística. Posteriormente, o conjunto foi utilizado pelos próprios pesquisadores para avaliar um software educacional em CD-Rom e essa etapa forneceu dados que permitiram reduzir o número de heurísticas para 15, embora tais dados não tenham sido apresentados tampouco discutidos no estudo.

O conjunto proposto por Reeves et. al (2002) para avaliação da usabilidade de softwares educacionais envolveu as heurísticas (anexo E): “visibilidade do estado do sistema”, “conformidade do sistema com o mundo real”, “recuperação de erro e saída”, “consistência e padrões”, “prevenção de erros”, “suporte à navegação”, “estética”, “ajuda e documentação”, “interatividade”, “projeto da mensagem”, “projeto de aprendizagem”, “integração midiática”, “avaliação instrucional”, “recursos”, e “feedback” (p. 1616-1617, tradução nossa).

Algumas limitações desse estudo precisam ser levadas em consideração. O processo de construção das heurísticas baseou-se essencialmente no julgamento dos próprios pesquisadores cujas especialidades não estão associadas à usabilidade, característica que se torna ainda mais crítica na ausência de um amparo teórico específico ao domínio. Não obstante, o estudo não apresenta informações claras e suficientes a respeito do método utilizado, condição que certamente contribui para colocar em dúvida a validade do estudo.

Por outro lado, Arditó et al. (2004; 2005) envolveram fundamentação teórica ao processo de desenvolvimento de suas heurísticas que, segundo eles, permitem a sistematização do trabalho do avaliador de usabilidade em softwares e-learning e atendem tanto a problemas de usabilidade quanto de eficiência didática, e portanto, resolvem algumas limitações da avaliação heurística, como por exemplo, a falta de experiência do avaliador. De modo a conhecer as dificuldades interativas do domínio, os pesquisadores realizaram uma análise exploratória a partir de um

experimento que envolveu a observação da interação entre um sistema *e-learning* e dez participantes representantes dos usuários reais. Os problemas extraídos foram então categorizados nos módulos identificados na bibliografia: apresentação, hipermidialidade, proatividade da aplicação, e atividade do usuário. Por fim, os pesquisadores, embasados nos problemas identificados, definiram diferentes diretrizes que visam atender aos princípios de efetividade e eficiência em cada um dos módulos de um sistema *e-learning*, e que são apresentadas no anexo F. Além disso, tarefas que pudesse guiar o especialista durante a inspeção da usabilidade foram definidas com o intuito de padronizar a aplicação do conjunto e garantir a identificação de um maior número de problemas de usabilidade.

Aparentemente, a divisão das heurísticas em módulos do sistema permite a compreensão específica de um problema ao apontar o contexto do sistema em que ele ocorre, no entanto, não foi observado estudo empírico no sentido de verificar se o conjunto é capaz de se destacar de outras da mesma ordem. Poderia ter sido útil que a validação verificasse também o real valor da padronização de tarefas durante uma inspeção de usabilidade, que foi uma característica peculiar a esse estudo.

Dringus e Cohen (2005) partiram da premissa de que Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem (Learning Management Systems<sup>5</sup>) careciam de usabilidade eficiente, para desenvolverem seu conjunto chamado de *checklist* adaptado de heurísticas de usabilidade para cursos *online*. O conhecimento a respeito do domínio foi extraído através de uma avaliação heurística, provavelmente utilizando heurísticas genéricas, executada pelos próprios autores em um ambiente virtual de ensino e aprendizagem online, onde aproximadamente 100 problemas de usabilidade foram identificados. A partir desses problemas os autores propuseram 13 categorias de heurísticas, e cada uma delas agrupa um número substancial de questionamentos que, segundo os autores, durante uma avaliação heurística podem convergir para respostas a respeito da qualidade interativa e da eficiência pedagógica de um sistema *e-learning*. Essas categorias, conforme são apresentadas no anexo G, são “visibilidade”, “funcionalidade”, “estética”, “feedback e ajuda”, “prevenção a erros”, “capacidade de memorização”, “gerenciamento do curso”,

---

<sup>5</sup> Os Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem (Learning Management System) são softwares para administração de treinamento e aprendizagem ou para distribuição de cursos online ou híbridos, cujas funções não se distanciam dos tópicos AVEAs.

“interatividade”, “flexibilidade”, “redução de redundâncias”, e “acessibilidade” (DRINGUS & COHEN, 2005, p. 9-11, tradução nossa).

As limitações claras nesse estudo são enfatizadas pelos autores ao afirmarem que o conjunto desenvolvido, referido como “checklist rascunho” é passível tanto de aprimoramentos quanto de validação (IBID, p. 8), muito embora não seja possível encontrar outros estudos dos autores engajados com essas finalidades. Por essa razão não é possível afirmar se, de fato, a opção dos autores em detalhar as categorias de heurísticas na forma de inúmeras perguntas torna praticável o uso do conjunto. Além disso, observa-se que a frequência de questões similares entre as categorias sugere a necessidade de refinamento desse conjunto de heurísticas. Cabe ainda ressaltar que, embora uma fundamentação teórica seja apresentada, ela não é considerada nas etapas de desenvolvimento desse conjunto, o que possivelmente poderia ter contribuído para substanciar o método utilizado.

Os alegados frequentes problemas de acessibilidade e usabilidade presentes em Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem foram também o ponto de partida para o estudo de Kemp, Thompson e Johnson (2008). Baseado no conceito de invisibilidade, o objetivo desse estudo foi desenvolver um conjunto de avaliação heurística capaz de minimizar a visibilidade do sistema para o usuário e maximizar a visibilidade do conteúdo de ensino para o aprendiz. Segundo os autores,

Norman afirma que quando um dispositivo se adequa perfeitamente às necessidades de modo que as pessoas esquecem que ele é sustentado por um dispositivo técnico complexo, então o sistema é invisível [...]. Essas heurísticas incorporam requisitos para computação invisível e ubíqua em um contexto educacional (IBID., p. 31, tradução nossa).

Por se tratar de um conjunto de heurísticas expandido a partir dos modelo tradicional, sustentados por informações bibliográficas, os autores em um primeiro momento adicionaram às heurísticas de Nielsen (1994a,b) requisitos para avaliação de websites comerciais e, posteriormente, incluíram aspectos capazes de cobrir questões específicas que eles julgaram relevantes para a computação ubíqua de sistemas de aprendizagem como foco, flexibilidade, privacidade, predição de comportamento e conhecimento da capacidade da aplicação, eficiência e transparência, e controle e customização. Aqui, mais uma vez, observamos a aplicação de um *checklist* de perguntas que, de acordo com os autores, tem a finalidade de testar a conformidade do sistema com os requisitos propostos. Por fim, alguns aprimoramentos foram realizados a partir de informações extraídas da

aplicação do conjunto em um sistema *e-learning* executada por um especialista de domínio, extraindo-se portanto, o conjunto que compõe as heurísticas (anexo H) “visibilidade do estado do sistema”, “conformidade do sistema com o mundo real”, “liberdade e controle do usuário”, “consistência e padrões”, “reconhecimento ao invés de lembrança”, “prevenção de erros”, “flexibilidade e eficiência de uso”, “estética e design minimalista”, “ajuda e documentação”, “atualizações”, “prontidão”, “facilidade de uso”, “exclusivo à mídia online”, “foco”, “familiaridade”, “consciência”, “eficácia”, e “*confiança, ética, responsabilidade*” (KEMP; THOMPSON; JOHNSON; 2008, p. 33, tradução nossa).

É necessário destacar que os autores não são exatos em afirmar se os limites do conjunto de heurísticas proposto são capazes de compreender a integridade ou uma parte substancial dos problemas de usabilidade típicos em outros sistemas da mesma categoria. Essa questão é importante porque, a partir do que foi apresentado por eles, a proposta de se construir o referido conjunto se deu como meio para identificar e, consequentemente, sanar os problemas de usabilidade presentes em um sistema específico.

Um estudo mais recente desenvolvido por Omar, Yusof e Sabri (2010) se concentrou na proposição de heurísticas específicas para avaliação em softwares didáticos diante da insuficiência identificada em conjuntos heurísticos tradicionais para avaliação de aspectos únicos ao domínio desses sistemas. A partir de um estudo inicial, eles selecionaram teorias concernentes ao processo educacional, além de conjuntos de heurísticas existentes relacionadas a interface, conteúdo educacional e critérios de usabilidade pedagógica. Em seguida tais informações foram traduzidas em 33 heurísticas específicas ao domínio, divididas em quatro módulos intitulados interface, educacional/pedagógico, conteúdo e adequação. Posteriormente, um questionário foi aplicado a especialistas que julgaram a utilidade das heurísticas de modo a proporem refinamentos. Finalmente, os pesquisadores atribuíram peso a cada heurística e desenvolveram uma equação matemática com o objetivo de proporcionar ao processo de avaliação heurística uma estimativa a respeito do grau de usabilidade identificado no software educacional. O conjunto de heurísticas final proposto nesse estudo é apresentado no anexo I.

Embora os autores desse estudo relatem uma metodologia com diferentes etapas, eles o fazem de maneira geral e carecem de detalhamento e clareza, condição que é possível ser observada, por exemplo, ao descreverem a fase de

revisão das heurísticas sem expor o número de especialistas envolvidos, o questionário utilizado, os processos e os resultados dessa etapa.

Por fim, o estudo de Alsumait e Al-Osaimi (2010) propôs heurísticas para softwares de educação infantil à distância utilizando informações extraídas de diretrizes, heurísticas e *checklists* existentes, que foram consolidadas em três aspectos específicos ao domínio: usabilidade, usabilidade infantil e usabilidade *e-learning*. A validação desse conjunto foi realizada através da comparação dos resultados de sua aplicação e de testes com usuários em dois sistemas *e-learning*, contudo, por terem sido construídas baseadas em aspectos estritamente específicos ao público infantil, tais heurísticas não dotam de informações significativas ao escopo dessa dissertação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

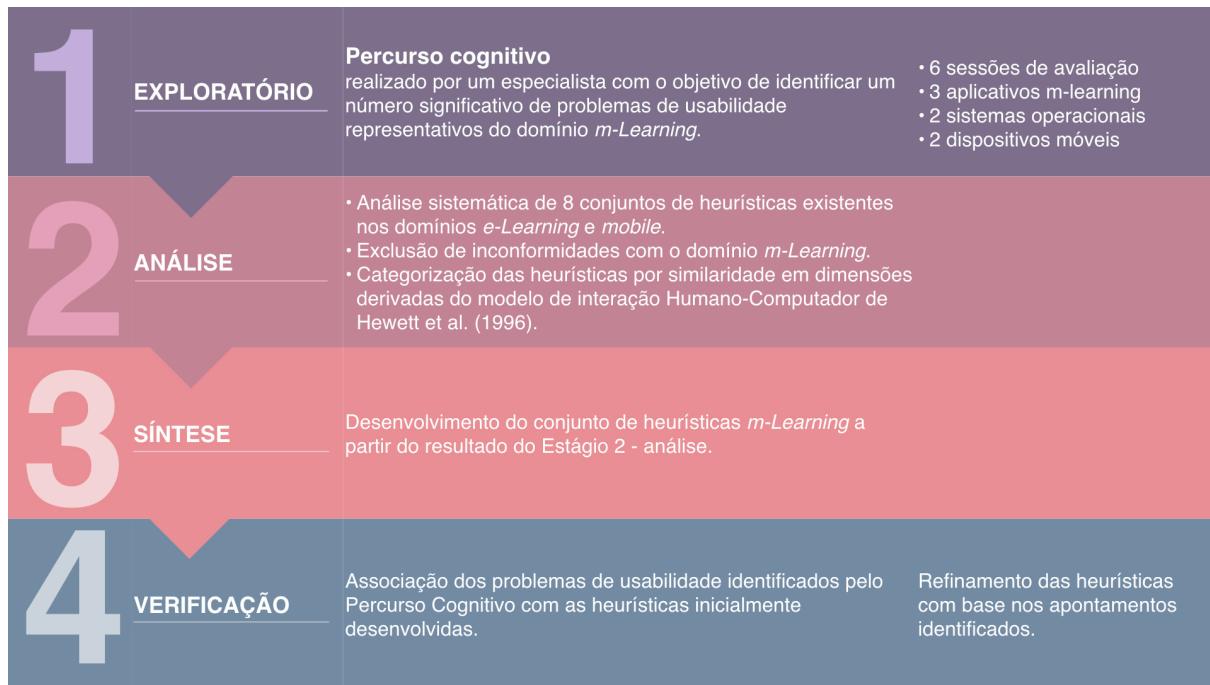
A metodologia aqui proposta se fundamenta a partir das discussões realizadas no capítulo 2.2 a respeito dos resultados da pesquisa de Hermawati e Lawson (2016) que levanta os procedimentos adotados por estudos cujos objetivos são análogos aos determinados pelo autor dessa dissertação, devido ao fato de ainda não existir na bibliografia um método consolidado tampouco validado para desenvolvimento de heurísticas. Todavia, acredita-se, frente ao que foi conhecido, que o desenvolvimento apropriado de um conjunto de heurísticas para domínio específico deve compreender minimamente, embora de forma substancial, os estágios de exploração, de análise, e de síntese.

É fato que o produto de qualquer pesquisa está diretamente associado a suas limitações específicas, muito embora se saiba que a determinação cautelosa e fundamentada do delineamento do estudo em consonância com tais limites tem o potencial de minimizar efeitos indesejados. No relacionado a isso, a análise do estudo supracitado permitiu identificar também, dentre outras questões, que o desenvolvimento de heurísticas para domínios específicos tem carecido de consistência no que se refere aos métodos empregados, uma característica que por si só pode colocar em dúvida a real eficiência desses conjuntos em relação àqueles de natureza genérica. Nesse sentido, e amparando-se na premissa de que o conhecimento científico é sistemático e acumulativo (LAKATOS; MARCONI, 1992, p. 32-33), observa-se que a inconsistência metodológica observada na bibliografia poderia ser superada na determinação coerente de abordagens metodológicas alcançáveis dentro dos limites disponíveis.

Frente a isso, não foi pretensão da presente pesquisa solucionar a integridade das questões que implicam os estágios necessários para a definição completa de um conjunto de heurísticas, visto as limitações específicas relacionadas a tempo e recurso humano disponíveis. Portanto, julgou-se pertinente efetuar o primeiro passo na direção do que é considerado ideal e, dessa forma, conforme é apresentando com mais clareza adiante, este estudo se concentrou em executar quatro sistemáticos estágios metodológicos para originar o conjunto de heurísticas singular a avaliação da usabilidade em aplicativos *m-learning*. A Figura 1 sintetiza

graficamente os estágios que compreenderam o método empregado neste estudo e que serão discutidos a seguir.

Figura 1 - Representação gráfica do método aplicado na pesquisa



Fonte: desenvolvido pelo autor.

### 3.1 ESTÁGIO EXPLORATÓRIO

O primeiro estágio da pesquisa, denominado exploratório, teve como objetivo extrair do domínio conhecimento complementar ao disponível na bibliografia para fundamentar o conjunto de heurísticas em proposição nesse estudo e, nesse sentido, procurou-se levantar um corpo significativo de problemas de usabilidade comuns em sistemas *m-learning*. Conforme será apresentado na sessão 3.4, as informações extraídas no atual estágio foram posteriormente associadas às heurísticas desenvolvidas nesse estudo de modo a proporcionar refinamentos necessários identificados. Por hora, o atual estágio buscou responder à pergunta “quais são e quais características representam os problemas de usabilidade comumente encontrados em aplicativos *m-learning*?”.

Com essa finalidade, a metodologia adotada veio de encontro a processos análogos utilizados em estudos como Väänänen-Vainio-Mattila e Wäljas (2009), Neto e Pimentel (2012) e Dringus e Cohen (2005), e consistiu na avaliação da

usabilidade de aplicativos representantes do domínio em estudo através de inspeção por especialista. Similar à avaliação heurística, os métodos de inspeção por especialista permitem que o avaliador interaja com a interface de um sistema, prevendo problemas de usabilidade que usuários reais encontrariam. Nesse sentido, o método denominado Percorso Cognitivo (Cognitive Walkthrough, em inglês) “envolve caminhar através de uma tarefa em um sistema e anotar características de usabilidade problemáticas (ROGERS; SHARP; PREECE, 2002, p. 420, tradução nossa)”.

Dessa forma, o autor dessa pesquisa desempenhou o papel de especialista em seis sessões de inspeção de usabilidade com três diferentes sistemas *m-learning* instalados em dois diferentes sistemas operacionais e dispositivos móveis. Para esse experimento foram definidos os sistemas *m-learning* EdX, Coursera e Khan Academy previamente instalados nos smartphones iPhone 5s e Asus ZenFone 5, com sistemas operacionais iOS 9.3.4 e Android 6.0 respectivamente. A abordagem Percorso Cognitivo determina ainda que cenários de tarefas sejam definidos de forma a guiar o avaliador por caminhos padronizados, no entanto, diante das diferenças marcantes entre as interfaces dos aplicativos e, como era intenção do experimento levantar o maior número possível de problemas de usabilidade existentes, determinou-se que a inspeção deveria percorrer todas as telas e caminhos disponíveis para se concluir um módulo completo de determinado curso, incluindo atividades como: procurar por cursos, se inscrever em um curso, assistir a aulas, ler e submeter comentários no fórum de discussão, alternar entre aulas, utilizar o material didático, se submeter a avaliações, assistir uma aula na versão web e retornar ao dispositivo móvel, entre outras.

De modo a relatar os problemas de usabilidade identificados, o experimento obedeceu um documento estruturado padronizado em todas as sessões, apresentado no Quadro 4 (já preenchido para fins de exemplificação), que foi desenvolvido especificamente para as finalidades desse estudo, e adaptado de documentos utilizados em estudos prévios (HARTSON; ANDRE; WILLIGES, 2001; ZAHARIAS & KOUTSABASIS, 2012). Nesse documento o pesquisador forneceu informações que caracterizaram cada problema identificado no condizente ao aplicativo analisado (onde A representava o *m-learning* EdX, B o Khan Academy, C o Coursera, e D a categoria redundante que será tratada posteriormente), à ordem de identificação do problema de forma crescente, à descrição detalhada do

problema, ao contexto em que o problema foi identificado (onde 1 representa “sistema”, 2 “curso”, e 3 “global”), ao nível de severidade (onde 1 representa “baixa”, 2 “média” e 3 “alta”), e ao sistema operacional (onde 1 representa “iOS”, 2 “Android”, e 3 “ambos”).

#### Quadro 4 - Documento utilizado nas sessões de Percurso Cognitivo para reportar problemas de usabilidade identificados

A. Nome do aplicativo <i>m-learning</i>				
Nº	Descrição do problema	Contexto	Severidade	S.O.
1	<p> Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam a diam vitae ante facilisis consectetur. Integer aliquet, nisi vitae semper varius, ipsum nibh imperdiet mi, in facilisis quam mauris accumsan nulla.</p>	1	1	1
2	<p> Fusce quam augue, tristique non ex maximus, mattis lobortis nunc. Etiam arcu ex, dignissim nec turpis a, eleifend mollis nunc. Cras malesuada nibh est.</p>	1	1	3

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Conforme será apresentado no capítulo destinado aos resultados e discussões do estudo, as informações requeridas nesse documento permitiram ao autor não apenas cumprir a intenção primeira do experimento, ao extrair problemas de usabilidade representativos do domínio, mas também tornou possível conhecer com clareza a natureza desses problemas.

Outra vantagem do documento utilizado foi sua capacidade de estabelecer um sistema de identificação imediata para cada problema extraído, uma característica que proporcionou facilidade ao processo de interpretação dos resultados desse estágio. Nesse sentido, a forma com que os dados foram categorizados permitiu que um problema específico pudesse ser referido através de um código constituído pelos elementos: 1) a letra que identifica o aplicativo *m-learning* analisado; 2) o número do problema na ordem em que foi identificado; 3) a junção entre parênteses dos três números que caracterizam o contexto, a severidade e o sistema operacional. Portanto, através dessa sistemática, o 2º problema exemplificado no Quadro 1 assumiria a identidade de “A02(113)” de forma que tanto o pesquisador quanto os indivíduos familiarizados com o processo entenderiam que se trata do segundo problema identificado no aplicativo EdX, e que possui características de baixa severidade associada apenas ao sistema do aplicativo e identificado em ambos os sistemas operacionais.

### 3.2 ESTÁGIO DE ANÁLISE

Como se sabe, o domínio *m-learning* pode ser caracterizado por elementos que constituem os sistemas *mobile* e *e-learning*, cujos domínios foram explorados por estudos apresentados no capítulo 2.3, que se propuseram a desenvolver conjuntos de heurísticas específicos a eles. Diante de tal condição, e conforme prevê uma das abordagens identificadas por Hermawati e Lawson (2016), julgou-se relevante que esse substancial conhecimento disponível fosse considerado no processo de estruturação do conjunto aqui em desenvolvimento.

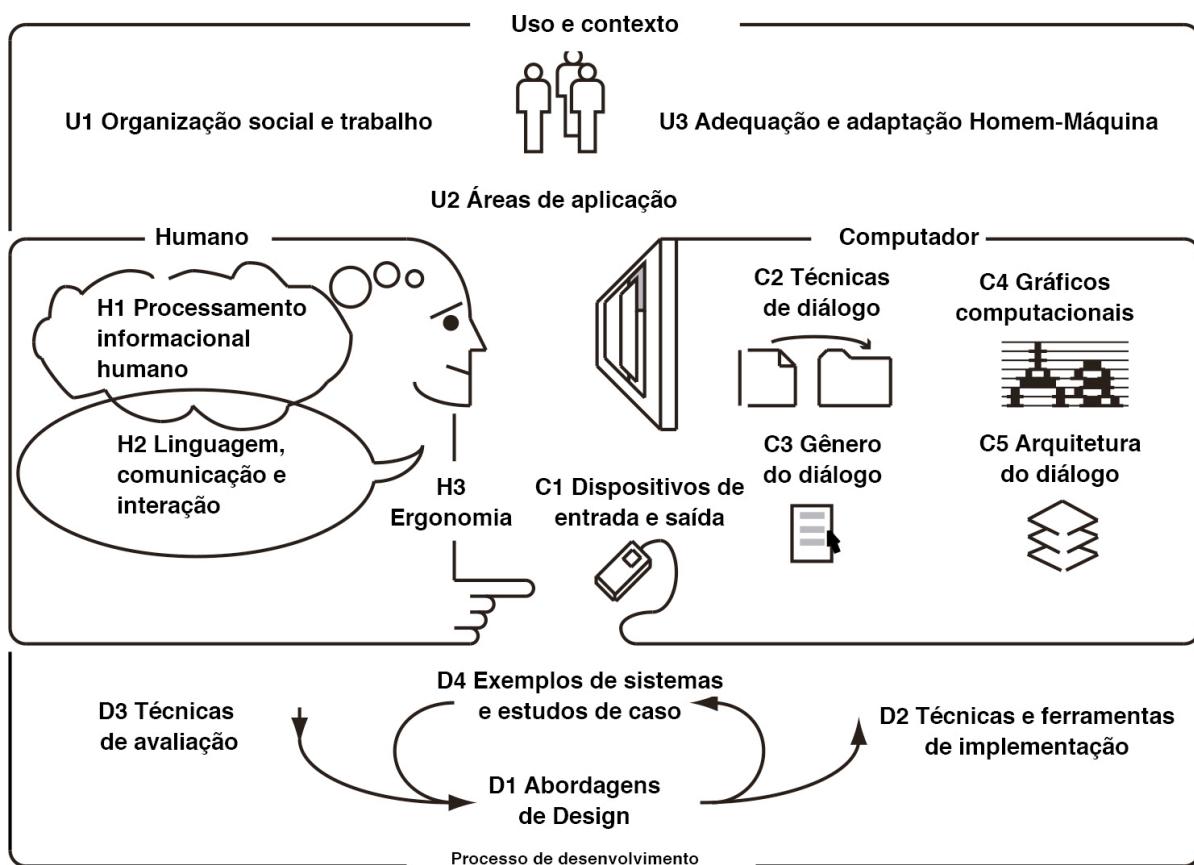
Por conseguinte, esse estágio analisou sistematicamente um total de 8 conjuntos de heurísticas existentes, sendo eles 4 específicos ao domínio *mobile*: Bertini et al. (2006), Neto e Pimentel (2013), Joyce e Lilley (2014), e Inostroza et al. (2016); e 4 específicos ao domínio *e-learning*: Reeves et al. (2002), Ardito et al. (2004), Kemp et al. (2008), e Omar, Yusof e Sabri (2010). Inicialmente, o conjunto de heurísticas para avaliação de sistemas *e-learning* proposto por Dringus e Cohen (2005) também deveria ser incluído nesse estágio, contudo, ao se observar que suas heurísticas não apresentavam recomendações genéricas como nos outros conjuntos envolvidos na análise, uma característica que tornaria inviável a associação por similaridade, optou-se por excluí-lo. O objetivo desse estágio foi agrupar as heurísticas analisadas em categorias representativas de aspectos fundamentais a interação entre usuário e sistema *m-learning*, de modo a fundamentar o estágio de síntese que será discutido mais adiante.

No entanto, uma dificuldade identificada residia no fato de não haver um padrão ou consenso entre os conjuntos de heurísticas envolvidos na análise a respeito da terminologia adotada para identificar suas categorias originais. Em algumas ocorrências esse problema era presente mesmo quando as categorias se apropriavam dos mesmos termos utilizados no conjunto de heurísticas proposto por Nielsen (1994a,b).

Em virtude dessa questão, verificou-se a necessidade de se definir categorias próprias para o presente estudo e, nesse sentido, o modelo de representação da Interação Humano-Computador (IHC) definido por Hewett et al. (1992) forneceu bases significativas e serviu como ponto de partida. Esse modelo, que foi construído por iniciativa conjunta entre as empresas *Association for Computing Machinery* e *IEEE Computer Society* (ambas sem tradução oficial para o português), procurou definir

em um relatório a Interação Humano-Computador e sua relação com outras áreas do conhecimento para formalizar recomendações estruturais basilares ao desenvolvimento de currículos em instituições comprometidas com a formação de profissionais da área. Portanto, entre outras questões, o estudo deu origem a 16 dimensões integrantes do processo de IHC agrupadas nos 4 contextos em que ocorrem, e suas respectivas definições. Além disso, conforme se observa na Figura 2, tais conhecimentos são representados graficamente de modo a ilustrar a maneira pela qual as diferentes dimensões se associam no processo de interação (HEWETT, et al., 1992).

Figura 2 - Modelo para Interação Humano-Computador de Hewett et al. (1992).



Fonte: Hewett et al. (1992, p. 16, tradução nossa).

Muito embora as dimensões definidas por Hewett et al. (1992) não sejam exclusivas ao domínio *m-learning* e englobem aspectos ergonômicos organizacionais, físicos e comunicacionais, os autores destacam que uma das finalidades do modelo proposto foi permitir adaptações em diferentes circunstâncias.

O objetivo foi evitar prescrições e oferecer uma estrutura que fosse flexível o bastante para que indivíduos em diferentes ambientes pudessem adaptar,

modificar e suplementar o relatório básico e suas recomendações de maneira adequada ao ambiente em que trabalham (HEWETT et al., 1992, p. 4, 1992).

Consequentemente, decidiu-se que seria viável e vantajoso utilizar seus fundamentos para estruturar de forma lógica e consistente a definição das categorias que agrupariam as heurísticas em análise nesse estágio, embora ainda houvesse a necessidade de adequação para possíveis dimensões não abrangidas no estudo ou não aplicáveis ao domínio *m-learning*. Não obstante, julgou-se que também seria plausível, ao fim do desenvolvimento do conjunto UHMoL, definir um esquema gráfico similar, capaz de representa-lo e proporcionar facilidade na compreensão de sua proposta e estrutura.

Uma vez definidas as bases estruturais e terminológicas para as categorias de heurísticas, estabeleceu-se algumas condições para realização do processo de categorização. Primeiramente, devido ao fato de que as heurísticas existentes encontravam-se publicadas no idioma inglês, optou-se por utilizar os documentos em sua forma original durante o agrupamento, uma vez que sua tradução poderia implicar em prejuízos relacionados à interpretação das sentenças. Além disso, definiu-se que o agrupamento devesse ser realizado por similaridade, quando as heurísticas ou suas sentenças estivessem dotadas de diretrizes de usabilidade aplicáveis ao domínio *m-learning*; ou na categoria “inconformidade”, quando as heurísticas ou suas sentenças não possuíssem recomendações aplicáveis ao domínio *m-learning*. Por fim, determinou-se também que o título escolhido/definido para cada categoria devesse ser o mais representativo possível de suas heurísticas, e sucinto o bastante para permitir rápida compreensão.

Tal abordagem tornou possível gerar, ao fim do estágio, um quadro sistemático que agrupou as heurísticas analisadas pertencentes a conjuntos de heurísticas existentes nos domínios *mobile* e *e-learning* em categorias adequadas ao domínio *m-learning*, de forma a subsidiar consistentemente o estágio de síntese que é apresentado no subcapítulo que se segue.

### 3.3 ESTÁGIO DE SÍNTESE

Foi possível notar ao longo das sessões 3.1 e 3.2, destinadas a descrever as abordagens utilizadas nos estágios metodológicos de exploração e análise, que seus objetivos procuraram convergir para as necessidades que se apresentam no

estágio de síntese. Nesse estágio o pesquisador utilizou as informações categorizadas no estágio 2 para dar corpo à proposição inicial de heurísticas específicas a aplicativos *m-learning*. Embora dotado de informações representativas do domínio, o conjunto originado nessa etapa deveria ser provisório porque, conforme ainda será apresentado, as heurísticas ainda deveriam ser submetidas a refinamentos.

De fato, a forma com que a informação disponível foi previamente categorizada agregou facilidade ao processo de conversão em heurísticas. Primeiramente, após eliminar a categoria “inconformidade” por não conter informações de interesse ao domínio, o pesquisador trabalhou em cada categoria separadamente, eliminando redundâncias, uma vez que uma série de recomendações estava disponível – algumas substancialmente equivalentes e outras distintas, embora representassem a mesma categoria –, e adequando sua linguagem ao idioma português e aos termos exclusivos ao domínio *m-learning*. Em determinadas situações, onde as categorias possuíam recomendações complexas, foi necessário criar subcategorias para estruturar o modelo de maneira lógica.

Ainda no relacionado à linguagem, observou-se que alguns termos extraídos de heurísticas dos domínios *mobile* e *e-learning* poderiam parecer ambíguos quando utilizados no domínio *m-learning* e, portanto, demandaram adequação e padronização.

Outro requisito importante nesse estágio foi expressar as heurísticas através de descrições abrangentes e lacônicas o bastante para que pudessem ser aplicadas a um universo diverso de situações específicas e proporcionar rapidez ao serem utilizadas. Por outro lado, como estratégia para minimizar possíveis efeitos relacionados a subjetividade, decidiu-se também definir um campo com informações adicionais contendo exemplos ou explicações que favorecessem a compreensão durante a aplicação do conjunto em sessões de avaliação heurística.

### 3.4 ESTÁGIO DE VERIFICAÇÃO

Como foi visto, o conjunto UHMoL foi essencialmente desenvolvido a partir de conjuntos de heurísticas existentes nos domínios *mobile* e *e-learning*, por configurarem o domínio *m-learning* e já terem sido explorados pela bibliografia. No entanto, em um estágio anterior a esse, procurou-se também extrair conhecimento

exclusivo ao domínio *m-learning* e, nesse sentido, problemas de usabilidade foram identificados a partir de aplicativos representantes do domínio. Muito embora se saiba, segundo o que foi discutido na seção 2.1, que essa última abordagem pode ser utilizada sozinha para dar origem a conjuntos de heurísticas, na atual pesquisa ela foi aplicada com o intuito de aprofundar o conhecimento a respeito da qualidade da usabilidade encontrada em sistemas *m-learning*, mas principalmente de proporcionar meios para a execução do estágio atual.

Nesse sentido, o estágio de verificação foi desenvolvido diante da indagação sobre se o conjunto definido a partir de heurísticas existentes nos domínios *mobile* e *e-learning* seria de fato eficaz em identificar problemas de usabilidade específicos a aplicativos *m-learning*. Portanto, o atual estágio foi importante não apenas para responder a esse questionamento, mas também para apontar e viabilizar possíveis refinamentos necessários ao conjunto de heurísticas desenvolvido. Nesse sentido, é relevante que o Percurso Cognitivo tenha sido realizado em estágio anterior à definição das heurísticas, visto que dessa forma foi possível evitar julgamentos tendenciosos oriundos do fator de familiarização do pesquisador com o conjunto proposto.

Consideradas essas questões, foi definido que nesta etapa o pesquisador deveria associar cada problema de usabilidade identificado no estágio 1 com o(s) código(s) da(s) heurística(s) que seria(m) capaz(es) de identifica-lo em uma avaliação heurística real, por meio de um padrão definido conforme ilustra o Quadro 5.

Quadro 5 - Documento para associação entre os problemas de usabilidade identificados e as heurísticas propostas

Nº	Descrição do problema	COD. H.	COD. H. R.	Orientações
01	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin sed libero tellus.	7; 12	-	-
02	Fusce accumsan aliquet lorem. Nunc suscipit, nunc nec rhoncus commodo.	-	17	Donec iaculis sapien vitae enim malesuada, eu venenatis leo vestibulum.
03	Nunc pulvinar vel tellus fermentum convallis.	-	-	Aenean sollicitudin massa quis gravida bibendum. Sed pharetra commodo rutrum.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Como é possível observar no Quadro 5, a primeira e segunda colunas foram extraídas exatamente da forma como foram expressas no primeiro estágio do estudo e, respectivamente, exibiam o número e a descrição dos problemas de usabilidade previamente identificados. Por outro lado, as três colunas da direita ofereciam os campos necessários a serem preenchidos na atual etapa e, no Quadro 5, estão preenchidas apenas para efeito de exemplificação. Portanto, na coluna “COD. H.” o pesquisador deveria apontar o código da heurística que apresentava recomendações capazes de identificar aquele problema (como observado no problema nº 01 do exemplo). Diante de situações em que determinada heurística não fosse inteiramente suficiente para identificar dado problema (como é o caso do problema nº 02, no exemplo), o pesquisador deveria informar na coluna “COD. H. R.” o código da heurística que necessitaria ser submetida a refinamentos de forma a se tornar eficaz, juntamente com as orientações pertinentes ao lado. Por outro lado, caso nenhuma heurística fosse capaz de identificar determinado problema (exemplificado pelo problema nº 3), o pesquisador deveria incluir as informações fundamentais para a criação de uma nova heurística.

Por fim, a última etapa desse estágio compreendeu o refinamento do conjunto de heurísticas levando em consideração os resultados inicialmente identificados. Para esse processo, primeiramente o pesquisador selecionou apenas os problemas que sugeriam a necessidade de ajustes nas heurísticas e, posteriormente, as orientações apontadas foram utilizadas para fundamentar a aplicação dos refinamentos necessários no conjunto de heurísticas.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados identificados neste estudo. A sessão 4.1 se reserva aos resultados do estágio de exploração, cujo processo extraiu problemas de usabilidade representativos do domínio através da técnica Percurso Cognitivo. A sessão 4.2 envolve as discussões concernentes ao quadro sistemático estruturado a partir da categorização de heurísticas existentes nos domínios *e-learning* e *mobile*, desenvolvido no estágio de análise. Os processos abarcados no estágio de síntese que deram origem à versão provisória do conjunto de heurísticas proposto são apresentados na sessão 4.3. Por fim, na sessão 4.4 estão disponíveis os resultados identificados no estágio de verificação, através do processo de associação entre os problemas de usabilidade incialmente extraídos do domínio e as heurísticas propostas, além das discussões relativas aos refinamentos que foram necessários para originar a versão final do conjunto.

### 4.1 ESTÁGIO EXPLORATÓRIO: INSPEÇÃO POR ESPECIALISTA EM APLICATIVOS *M-LEARNING*

A inspeção por especialista realizada por meio da técnica Percurso Cognitivo, que cumpriu o primeiro estágio da metodologia, foi realizada em diferentes períodos entre 03 e 12 de outubro de 2016. Nesse estágio foram considerados os aplicativos *m-learning*, os sistemas operacionais e os dispositivos móveis que são descritos na Tabela 1, juntamente com o cronograma de execução das sessões e os períodos de tempo gastos. Como pode ser observado, ao todo, foram realizadas seis sessões que abrangeram as diferentes integrações possíveis dessas variáveis na intenção de levantar um número significativo e diferentes qualidades de problemas de usabilidade representativos do domínio em estudo.

Tabela 1 - Características das sessões de percurso cognitivo realizadas no estágio exploratório

Data	Duração (horas)	Aplicativo	Versão	Sistema Operacional	Aparelho
03/10/16	3:24	EdX	2.6.0	iOS 9.3.4	iPhone 5s
04/10/16	2:16	Khan Academy	2.4.0	Android 6.0	Asus Zenfone 5
05/10/16	2:27	Coursera	2.3.0	iOS 9.3.4	iPhone 5s
10/10/16	2:45	EdX	2.6.3	Android 6.0	Asus Zenfone 5
11/10/16	2:30	Khan Academy	4.2.0	iOS 9.3.4	iPhone 5s
12/10/16	2:01	Coursera	2.3.2	Android 6.0	Asus Zenfone 5

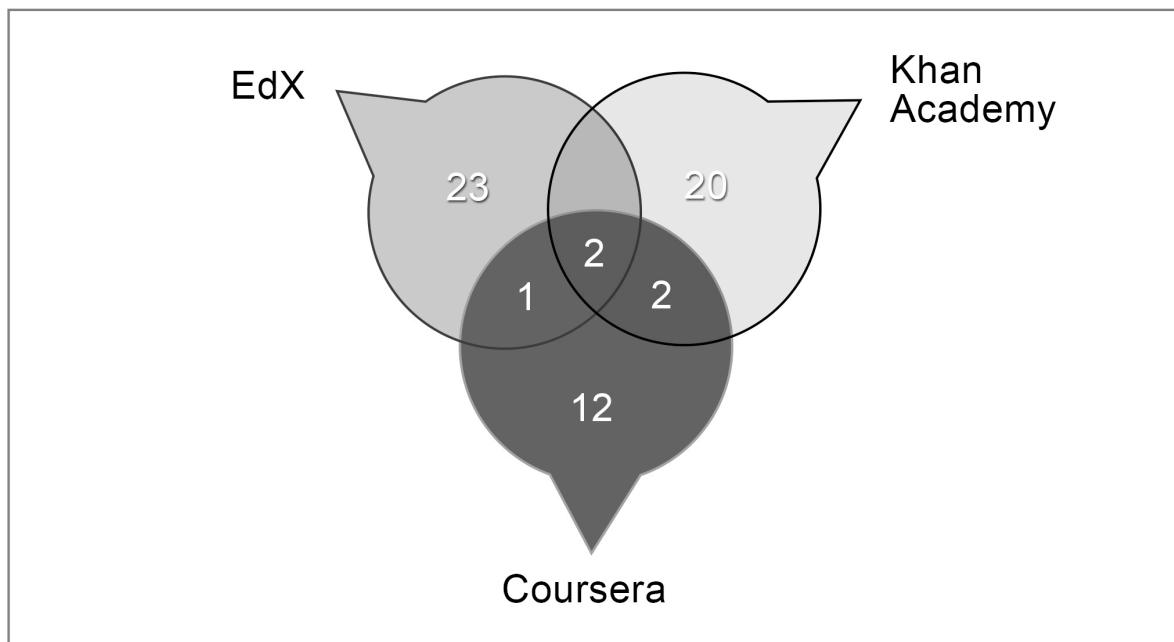
Fonte: desenvolvido pelo autor.

No que se relaciona aos períodos de tempo utilizados pelo pesquisador em cada sessão, houve uma variação de uma hora e vinte e três minutos (1:23h) entre a sessão de menor duração e a que demandou mais tempo. Além disso, as sessões que envolveram o aplicativo EdX foram mais demoradas. Tais dados foram reportados apenas em caráter informativo, uma vez que não era intenção realizar qualquer interpretação a respeito deles e, por essa razão, os resultados de tempo não devem ser considerados como critério para julgar a facilidade de uso do aplicativo analisado. Além disso, embora a técnica Percurso Cognitivo permita que o avaliador se coloque no lugar do usuário ao executar tarefas reais, outros tipos de atividades foram executados paralelamente, como anotação de problemas de usabilidade e verificação dos problemas encontrados.

Primeiramente, faz-se importante reforçar o que foi apresentado no capítulo 3 a respeito do estágio exploratório. O objetivo principal aqui foi identificar problemas representativos do domínio para que eles pudessem posteriormente ser associados às heurísticas desenvolvidas, como estratégia para apontar ajustes ou adição de heurísticas e, portanto, para evitar a ocorrência de análises tendenciosas, o estágio exploratório foi executado primeiro. Todavia, também era de interesse, embora secundário, compreender a fundo a maneira como esses problemas se manifestaram no domínio *m-learning* visto que tal conhecimento é igualmente valioso para a presente pesquisa. Nesse sentido, as discussões que são apresentadas nesta sessão referem-se à interpretação dos dados coletados, de forma que as discussões reservadas ao processo de associação entre problemas identificados e heurísticas desenvolvidas são apresentadas mais adiante neste capítulo.

Ao final das sessões foi possível extrair um total de 71 problemas de usabilidade dos mais variados tipos, embora tenha sido observado também que desses, 17 problemas apresentavam redundâncias, ou seja, foram identificados também em pelo menos um outro tipo de aplicativo *m-learning*. Por essa razão, conforme o método previa, esses problemas foram submetidos a um processo que extraiu tais redundâncias e proporcionou o agrupamento das repetições em 7 distintos problemas de usabilidade. Tal estratégia foi adotada porque queria-se identificar um número real de problemas de usabilidade que permitisse analisar com clareza suas particularidades específicas. Nesse sentido, esses problemas foram então agrupados em uma categoria chamada “redundantes”, e separados das categorias que representavam os aplicativos em que foram identificados, uma vez que não era possível associá-los a apenas um aplicativo. Conforme se apresenta no Gráfico 2, após esse processo foi possível concluir que os três aplicativos juntos apresentaram 62 questões de usabilidade problemáticas, tendo o EdX identificado sozinho 23 problemas, o Khan Academy, 20, e o Coursera, 12, além dos 7 que configuraram a categoria “redundante” e cujas distribuições são representadas pelas interseções. Esses dados estão disponíveis em sua totalidade no anexo A.

Gráfico 2 - Distribuição dos problemas de usabilidade entre os aplicativos analisados e a categoria “redundante”.



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Resgatando o que já foi relatado na sessão que tratou da metodologia do estudo, durante as sessões o pesquisador deveria também agrupar os problemas em suas dimensões de contexto, severidade e sistema operacional. Embora cada dimensão é apresentada mais especificamente adiante, a Tabela 2 permite verificar que proporcionalmente, no que tange a dimensão do contexto, a categoria “redundantes” é a única que possui um número significativo (71%) de problemas relacionados apenas à interface do sistema e nenhuma ocorrência de problemas relacionados unicamente a interface do curso. Isso implica que os problemas de usabilidade observados em mais de um aplicativo *m-learning* tendem a ser exclusivos ao sistema e a estar pouco relacionados à interface do curso.

Tabela 2 - Distribuição de frequência dos problemas de usabilidade detalhados em relação ao contexto, severidade e sistema operacional.

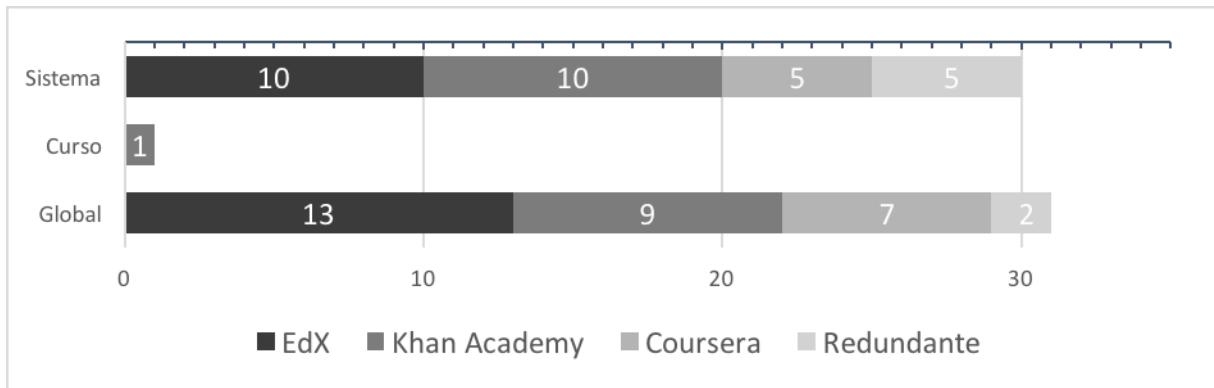
	EdX		Khan Academy		Coursera		Redundantes		Total	
Nº problemas de usabilidade	23	37%	20	32%	12	19%	7	11%	62	100%
<b>Contexto</b>										
<i>Sistema</i>	10	43%	10	50%	5	42%	5	71%	30	48%
<i>Curso</i>	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%	1	2%
<i>Global</i>	13	57%	9	45%	7	58%	2	29%	31	50%
<b>Severidade</b>										
<i>Pequena</i>	7	30%	5	25%	2	17%	2	29%	16	26%
<i>Média</i>	2	9%	9	45%	7	58%	4	57%	22	35%
<i>Alta</i>	14	61%	6	30%	3	25%	1	14%	24	39%
<b>Sistema Operacional</b>										
<i>iOS</i>	4	17%	2	10%	5	42%	0	0%	11	18%
<i>Android</i>	1	4%	0	0%	1	8%	0	0%	2	3%
<i>Ambos</i>	18	78%	18	90%	6	50%	7	100%	49	79%

Fonte: desenvolvido pelo autor

Ainda no concernente ao contexto em que os problemas de usabilidade são identificados, o Gráfico 3 revela duas condições principais: é possível observar nos três aplicativos analisados um certo padrão de distribuição entre os problemas que são comuns em ambos os contextos (global) e os problemas específicos apenas ao sistema, além de que apenas 1 problema de usabilidade está associado ao contexto singular ao curso e estava presente somente no aplicativo Khan Academy. Em face

disso, acredita-se que os problemas que ocorrem em elementos da interface exclusivos ao curso frequentemente estão associados também ao sistema, uma condição que não se manifesta ao contrário. Similarmente, os problemas que ocorrem apenas no sistema e aqueles que estão associados também ao curso representam uma qualidade que tende a ocorrer mais.

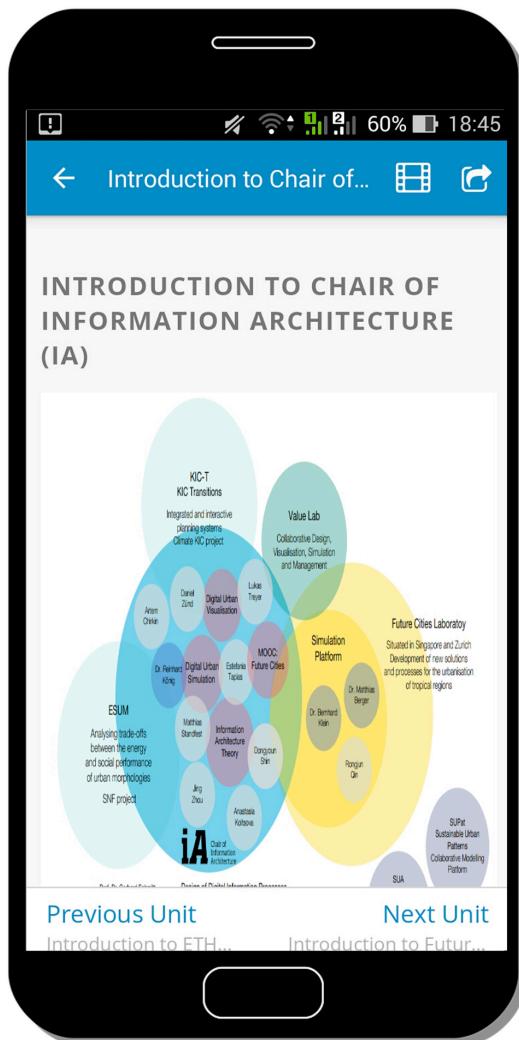
Gráfico 3 - Problemas de usabilidade e o contexto em que ocorrem



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Esse tipo de problema no curso que parece depender de problemas no sistema ou na interface do sistema é evidente na Figura 3 que ilustra a ocorrência do problema A12(313). Nesse exemplo em específico, o pesquisador descreve o problema como "imagens são exibidas em proporções e tamanho (bytes) inapropriados ao dispositivo, comprometendo a leitabilidade e o carregamento. Percebe-se que se trata do mesmo arquivo disponível na versão web". Nesse sentido, fica evidente que o formato inadequado da imagem que é apresentada na tela do curso, fundamental para aprendizagem do aluno, é comprometida por uma limitação sistêmica que extrai o conteúdo da base de dados e não é capaz de adaptá-lo de forma adequada à tela menor.

Figura 3 - Tela de um problema identificado no curso que parece depender de limitações no sistema.



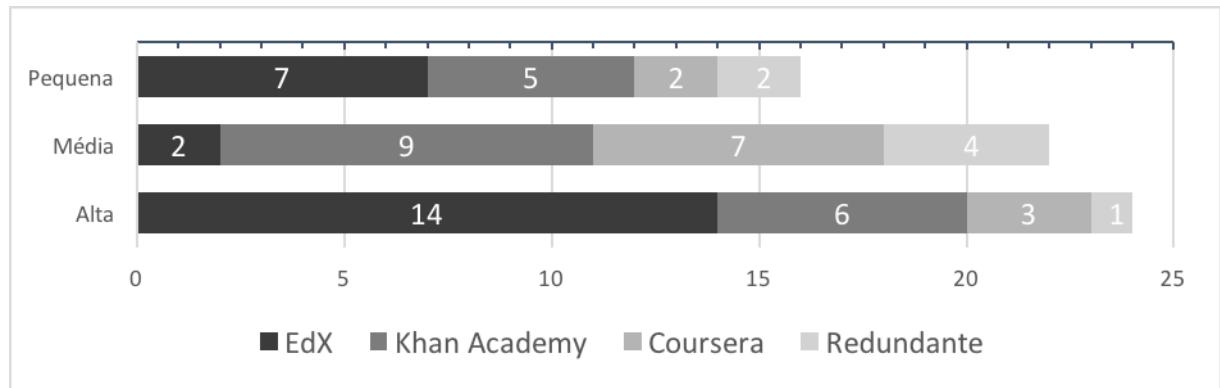
Fonte: desenvolvido pelo autor

A dimensão severidade foi fundamental para aprofundar o conhecimento a respeito do nível de impacto com que os problemas de usabilidade se caracterizam no domínio estudado. No Gráfico 4 é possível perceber que, na avaliação de percurso cognitivo realizada aqui, os problemas de alta severidade são mais frequentes, principalmente no aplicativo EdX, seguidos dos problemas de nível médio com maior participação dos aplicativos Khan Academy e Coursera, e por aqueles de baixa complexidade que se encontram melhor distribuídos no EdX e no Khan Academy.

Dentre os problemas mais críticos identificados destacam-se a ocorrência de erros completos ao carregar determinadas telas, a carência total de feedback necessário para proporcionar controle ao usuário, e o encerramento catastrófico do

sistema sem nenhuma informação a respeito. Essa natureza de resultados também reforça a problemática discutida no início deste estudo, onde percebe-se que problemas catastróficos são comuns nos aplicativos *m-learning*, colaborando para aumentar ao extremo o nível de carga cognitiva necessária para navegação, o que pode implicar em desinteresse do usuário e altas taxas de evasão.

Gráfico 4 - Problemas de usabilidade e a severidade que com se apresentam

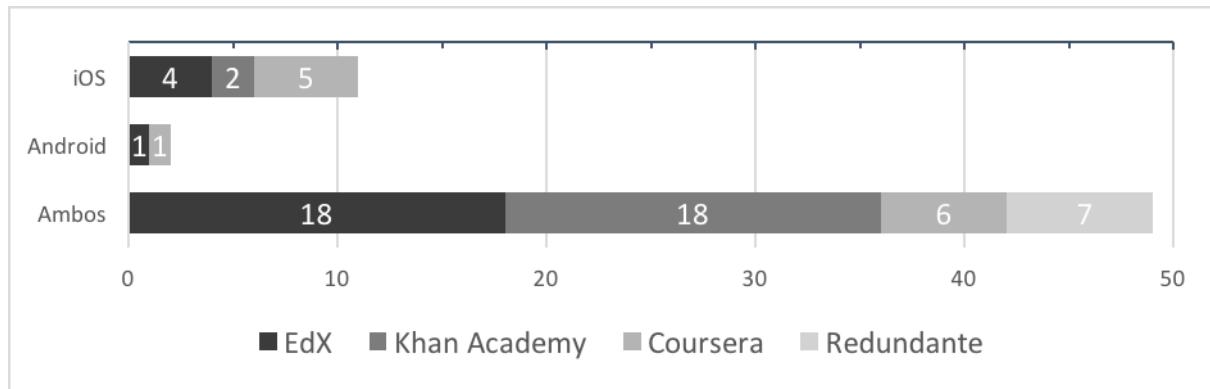


Fonte: desenvolvido pelo autor

Já a análise da dimensão relacionada ao sistema operacional em que o problema ocorre (Gráfico 5) teve como princípio proporcionar indicativos sobre se alguns problemas eram mais frequentes em determinado *software mobile*. Nesse sentido, os resultados apontaram que majoritariamente (79%), os problemas de usabilidade estiveram associados a ambos os sistemas operacionais, muito embora o iOS tenha apresentado um número maior (18%) de problemas de usabilidade exclusivos a ele em comparação com a frequência observada naqueles particulares ao Android (3%). A análise concluiu também que o aplicativo EdX é o único a exibir problemas tanto singulares quanto comuns aos sistemas operacionais, tendo sido também aquele que apresentou o maior número de problemas.

Dentre os problemas de usabilidade únicos ao iOS se destacam o não carregamento de áudio durante o *streaming* do video integrante do curso e a inadequação encontrada na apresentação de gráficos e esquemas fundamentais para a compreensão de determinada aula. Já os problemas classificados como singulares à plataforma Android envolveram a ocorrência de erros completos sem a oportunidade de feedback ou retorno ao estado anterior, e a demora demasiada apresentada durante a navegação entre algumas telas do curso embora tenha existido feedback apropriado.

Gráfico 5 - Problemas de usabilidade e o sistema operacional em que ocorrem



Fonte: desenvolvido pelo autor

Além disso, a forma com que os problemas foram documentados nas dimensões de contexto, severidade e sistema operacional, e seus respectivos níveis de variação permitiu o agrupamento de problemas com características em comum. Através dessa associação foi possível descobrir que, dentre os 62 problemas de usabilidade definidos, a parcela substancial de 68% (ou 43 problemas) possuía características de apenas 5 tipos de combinações. Na Figura 4, onde se ilustra graficamente esse número de problemas associados a cada combinação e suas respectivas características, é possível notar essa tendência. É certo que combinações além das descritas também foram encontradas, no entanto, outras que também seriam possíveis não foram associadas a nenhum problema de usabilidade. No apêndice A está disponível a tabela que discrimina a distribuição de frequência da integralidade de combinações identificadas no experimento.

A partir desse comportamento observado é importante destacar ao menos duas questões. No que se relaciona à severidade dos problemas e ao sistema operacional em que eles se fazem presentes, fica claro o quanto desafiadora a experiência de uso pode ser para os usuários desse tipo de aplicativo, visto que os problemas tendem a ser severos ou moderados e não exclusivos a determinado sistema operacional. Além disso, o fato de os problemas possuírem uma tendência a ocorrerem no contexto do sistema não significa necessariamente que a experiência de uso no contexto do curso seja mais adequada, uma vez que, na prática, os contextos não se manifestam de maneira desassociada.

Figura 4 - Características mais frequentes dos problemas de usabilidade analisados



Fonte: desenvolvido pelo autor

Por fim, diante do que foi discutido nessa sessão é possível perceber que, embora problemas de usabilidade específicos ao contexto do curso sejam comuns, eles frequentemente ocorrem de maneira associada ao contexto do sistema que, sozinho, apresenta questões de usabilidade em maior frequência. Não obstante, o número de problemas identificados e, essencialmente aqueles classificados como altamente severos, sugerem que a qualidade interativa dos aplicativos *m-learning* explorados é passível de aprimoramentos substanciais, uma condição que reforça a necessidade de conjuntos específicos para se avaliar a usabilidade no domínio. Os resultados desse estágio permitiram notar também que, embora a experiência de uso em aplicativos *m-learning* a partir de dispositivos móveis com sistema operacional Android tenha apresentado um número menor de problemas de usabilidade específicos, majoritariamente as questões problemáticas foram comuns a ambos os sistemas operacionais.

#### 4.2 ESTÁGIO DE ANÁLISE: CATEGORIZAÇÃO DE HEURÍSTICAS EXISTENTES

De modo a cumprir o que foi proposto no estágio de análise, buscou-se organizar as heurísticas oriundas de conjuntos existentes nos domínios *e-learning* e *mobile* em categorias adequadas para o domínio *m-learning*. O produto resultante

desse estágio é um quadro sistemático que está disponível no Apêndice B, cujas informações são discutidas a seguir nessa sessão. Nesse estágio foram avaliadas integralmente as 132 heurísticas que compõem os 8 conjuntos analisados, sendo desse total, 42 pertencentes ao domínio *mobile* e 90 ao domínio *e-learning*. O Quadro 6 detalha os conjuntos de heurísticas envolvidos, seus domínios, os códigos que os representaram durante a análise, e a quantidade de heurísticas analisadas em cada um deles.

Quadro 6 - Informações referentes aos conjuntos de heurísticas existentes analisados no processo de categorização

Domínio	Código	Autores	Anexo	N. de heurísticas
Mobile	H1	Bertini et al. (2006)	A	8
	H2	Neto e Pimentel (2013)	B	11
	H3	Joyce e Lilley (2014)	C	11
	H4	Inostroza et al. (2014)	D	12
E-learning	H5	Reeves et al. (2012)	E	15
	H6	Ardito et al. (2004)	F	24
	H7	Kemp et al. (2008)	H	18
	H8	Omar, Yusof, e Sabri (2010)	I	33
<b>Total</b>				<b>132</b>

Fonte: desenvolvido pelo autor.

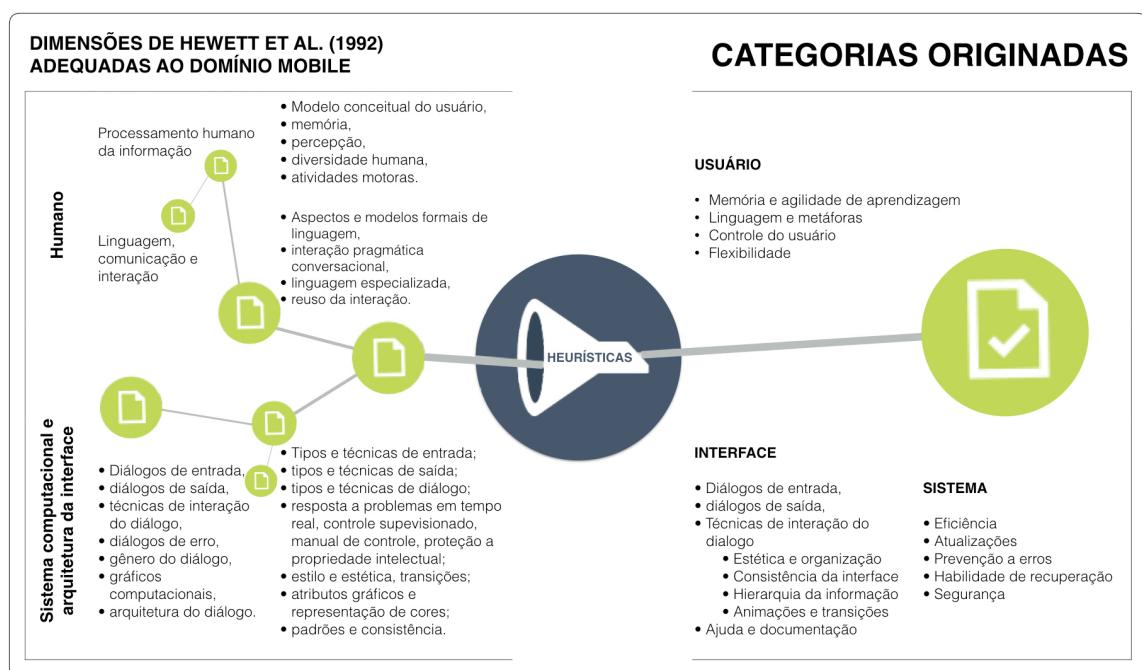
Resgatando o que foi apresentado na metodologia, houve uma preocupação importante com a definição das categorias que representariam as heurísticas analisadas por três motivos: 1) as heurísticas analisadas pertenciam a outros domínios e suas categorizações não possuíam um padrão apropriado que viabilizasse uma categorização lógica; 2) as categorias definidas aqui também identificariam as heurísticas UHMoL que seriam desenvolvidas posteriormente no estágio de síntese; 3) queria-se que os termos fossem adequados ao domínio *m-learning* de maneira a identificar com clareza as recomendações propostas. Por essas razões, o processo de definição de categorias e de categorização das heurísticas analisadas, adotado nesse estágio se inspirou no modelo de Hewett et al. (1992) porque ele propõe de maneira consistente e didática os aspectos influenciadores da Interação Humano-Computador.

No início do processo não era claro ainda quais categorias do modelo de Hewett et al. (1992) seriam utilizadas para compor o agrupamento das heurísticas, tampouco se havia a necessidade de adequação delas ou de incorporação de

novas. Dessa forma, as estruturas do quadro sistemático foi se revelando ao longo do processo a partir de minucioso julgamento a respeito das heurísticas analisadas.

Embora o pesquisador não tenha executado um processo linear, ao final da análise foi possível observar que as categorias definidas foram originadas essencialmente de duas formas. A primeira considerou apenas aquelas informações presentes em Hewett et al. (1992) que apresentavam adequação com o domínio *m-learning*, e sofreu influência das heurísticas que eram sido associadas. Conforme pode ser observado na Figura 5, foram extraídas do modelo de Hewett et al. (1992) apenas as categorias que manifestavam aderência aos aspectos comunicacionais da Interação Humano-Computador e, portanto, compreenderam somente suas dimensões intituladas "humano" e "sistema computacional e arquitetura da interface". O "cone" representa as influências exercidas pelas heurísticas analisadas ao se converter o conhecimento extraído em categorias adequadas ao domínio *m-learning*. Esse processo resultou nas três novas dimensões intituladas "usuário", "interface" e "sistema", que aninham as categorias definidas em linguagem específica ao domínio em estudo nessa pesquisa. Na figura, os termos e conceitos foram traduzidos livremente pelo pesquisador, contudo, durante o trabalho de análise todos os dados envolvidos foram considerados em seu idioma de origem para preservar a acurácia da interpretação.

Figura 5 - Processo de definição das categorias de heurísticas baseadas nas dimensões do modelo de Hewett et al. (1992).



Fonte: desenvolvido pelo autor.

A segunda forma envolveu a parcela das heurísticas associada à chamada usabilidade pedagógica – um conhecimento não abordado nas dimensões presentes em Hewett et al. (1992) –, portanto, somente as recomendações dessas heurísticas foram utilizadas para qualificar as categorias às quais pertenciam. Nesse tipo de processo, as categorias foram aninhadas nas dimensões "curso" e "pedagógico". O Quadro 7 especifica todas as categorias definidas a partir das duas formas de processo empregado.

Uma característica marcante do processo de categorização foi novamente devido à inconsistência de padrão identificada nos conjuntos envolvidos na análise. Algumas heurísticas pertencentes ao mesmo conjunto puderam ser associadas sozinhas e integralmente a uma das categorias definidas, no entanto, outras precisaram ser desmembradas e associadas a mais de uma categoria. Não obstante, também houveram ocorrências de categorias que agruparam mais de uma heurística do mesmo conjunto.

Quadro 7 - Categorias definidas para categorizar as heurísticas existentes

Dimensão	Categorias	
USUÁRIO	Memória e agilidade de aprendizagem	
	Linguagem e metáforas	
	Controle do usuário	
	Flexibilidade	
INTERFACE	Diálogos de entrada	
	Diálogos de saída	
	Técnicas de interação do diálogo	Estética e organização
		Consistência da interface
		Hierarquia da informação
		Animações e transições
	Auxílio e documentação	
SISTEMA	Eficiência	
	Atualizações	
	Prevenção a erros	
	Habilidade de recuperação	
	Segurança	
CURSO	Multimídias e ferramentas	
	Conteúdo e materiais	
	Estrutura	
	Interconectividade	
PEDAGÓGICO	Abordagem	
	Avaliação	
	Feedback	
INADEQUAÇÕES		

Fonte: desenvolvido pelo autor

Outra questão importante nesse estágio foi a necessidade efetuar pequenos ajustes em algumas heurísticas do conjunto de Reeves et al. (2002) por ser o único que apresentava parte de suas recomendações na forma de sentenças interrogativas. Dessa forma, ao serem categorizadas, suas sentenças foram transformadas em afirmações ou negações de modo a padronizar o quadro sistemático produzido e facilitar o posterior estágio de síntese. Tais alterações só foram aplicadas porque considerou-se que elas não prejudicariam os significados de suas recomendações e preservariam o mesmo sentido proposto pelos autores, que afirmaram terem desenvolvido suas heurísticas dessa forma com o intuito de facilitar sua aplicação em sessões de avaliação heurísticas.

Como já era esperado, as recomendações específicas à interação em dispositivos móveis tiveram uma tendência a serem associadas exclusivamente a categorias relativas a Interação Humano-Computador. Por outro lado, aquelas específicas ao domínio *e-learning* foram categorizados não somente nas dimensões "curso" e "pedagógico", mas também houve situações em que foram atribuídas a dimensões de usabilidade *mobile* quando eram genéricas ao ponto de abrangerem tal aspecto.

Por fim, conforme era previsto, algumas recomendações analisadas poderiam não apresentar conformidade com o domínio *m-learning* e, por essa razão, deveriam ser agrupadas na categoria "inadequação". Nesse aspecto, somente os conjuntos de Neto e Pimentel (2013), Reeves et al. (2012) e Omar, Yousof e Sabri (2010) possuíam heurísticas que se adequaram integralmente ao escopo desse trabalho. Por outro lado, os outros conjuntos analisados apresentaram poucas heurísticas não adequadas ao domínio *m-learning* que compreendiam basicamente recomendações a respeito de aspectos físicos de dispositivos móveis, de aspectos comunicacionais do sistema operacional *mobile*, de representação icônica em lojas de aplicativos, e da modalidade de ensino *b-learning*<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Staker e Horn (2012) [...] definem *blended learning* como um programa de educação formal que mescla momentos em que o aluno estuda os conteúdos e instruções usando recursos on-line, e outros em que o ensino ocorre em uma sala de aula, podendo interagir com outros alunos e com o professor (VALENTE, 2014).

#### 4.3 ESTÁGIO DE SÍNTESE: CONVERSÃO DA INFORMAÇÃO CATEGORIZADA EM HEURÍSTICAS

Até este momento os esforços da pesquisa têm sido orientados à seleção, adequação e preparação das informações disponíveis na bibliografia para que finalmente pudessem ser transformadas em conhecimento adequado a avaliação heurística da usabilidade em aplicativos *m-learning*. A primeira etapa do estágio de síntese, portanto, foi onde o pesquisador utilizou o quadro sistemático estruturado no estágio anterior a partir da categorização de heurísticas existentes para dar corpo à primeira proposição do conjunto UHMoL que está detalhada no apêndice C desta dissertação. As considerações que se seguem visam discutir questões envolvidas nesse processo e a respeito das características do conjunto de heurísticas produzido nesta etapa.

A primeira ação executada pelo pesquisador foi excluir do quadro sistemático a categoria “inconformidades” e, a partir disso, ficaram disponíveis apenas os dados de interesse ao domínio *m-learning*, cujas informações deveriam ser integralmente consideradas para fundamentar as novas heurísticas em desenvolvimento. Posteriormente, o pesquisador executou minuciosamente a interpretação das recomendações presentes em cada uma das categorias, julgando analiticamente a forma com que aquelas informações deveriam ser expressas para incorporar características de heurísticas adequadas ao domínio *m-learning*.

Uma questão importante levantada ao longo do processo dizia respeito à maneira com que os diferentes autores das heurísticas *e-learning* categorizadas utilizavam para se referir ao “usuário”. Como se sabe, os indivíduos que interagem com um aplicativo *m-learning* não estão restritos aos seus estudantes, haja visto que qualquer sujeito participante do processo de ensino-aprendizagem pode ser considerado usuário-alvo, o que pode abranger também professores, tutores, mediadores, gerenciadores de ensino, etc. O Quadro 8 relaciona os termos a respeito dessa questão que foram utilizados pelos diferentes autores e torna possível observar que Ardito et al. (2004) recorreram a todos os termos identificados mas foi o único que incluiu os indivíduos que desempenham o papel de professor. Por outro lado, Kemp et al. (2008) fizeram uso apenas do termo traduzido como “usuário”, enquanto Omar, Yusof e Sabri consideraram apenas indivíduos que exercem a postura de aluno.

Quadro 8 - Termos adotados pelos autores de conjuntos de heurísticas específicos a sistemas *e-learning* para referenciar “usuário”.

Termo original	Termo em português	Reeves et al. (2002)	Ardito et al. (2004)	Kemp et al. (2008)	Omar, Yusof e Sabri (2010)
Student	Estudante, aluno, aprendiz		X		X
Learner	Estudante, aluno, aprendiz	X	X		X
Lecturer	Professor, docente, instrutor, formador.		X		
User	Usuário	X	X	X	

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Diante dessa problemática foi necessário, então, estabelecer um padrão próprio para que essas informações não se tornassem confusas ao serem convertidas. Portanto definiu-se que o termo “usuário” seria utilizado nas situações em que as recomendações fossem abrangentes para todo o público-alvo de um aplicativo *m-learning*. Por outro lado, em recomendações que fossem específicas a alunos, foram aplicados os termos “aluno” ou “estudante” e, da mesma forma, utilizou-se os termos “professor” ou “tutor” nas sentenças que demandavam esse sentido.

No entanto, a falta de padrão não foi exclusividade dos termos discutidos anteriormente, já que o termo *feedback* carrega significados distintos entre os contextos pedagógico e da usabilidade. No contexto pedagógico, o *feedback* pode ser compreendido, de acordo com Berbel et al. (2001, p. 57), como “uma abordagem característica à avaliação de caráter formativo, em que informações são fornecidas ao aluno a respeito do alcance dos objetivos de ensino para que o desempenho possa ser revisado”. Por outro lado, o sentido adotado no contexto da usabilidade conceitua que “o *feedback* é uma informação enviada ao usuário a respeito da ação realizada após o uso de um comando (STONE et al., 2005, p. 98, tradução nossa)”. Portanto, como esses termos estão difundidos nas duas áreas definiu-se que, no conjunto UHMoL, eles poderiam ser utilizados em ambos os sentidos desde que as diferenças estivessem claramente expressas.

No que se refere às categorias que identificaram o conjunto proposto, o estágio de síntese também implicou em processos morfológicos na estrutura herdada do quadro sistemático. Embora era esperado que as categorias definidas no estágio anterior pudessem ser utilizadas da mesma forma para representar as

heurísticas desenvolvidas no estágio de síntese, percebeu-se que algumas delas agrupavam qualidades complexas de recomendações que necessitaram ser divididas de modo a proporcionar maior fluidez ao conjunto. Além disso, ajustes finos foram executados para padronizar seus termos e atribuir ao produto final a sensação de unicidade. O Quadro 9 apresenta a forma com que as categorias foram expressas nesta primeira versão do conjunto desenvolvido.

Quadro 9 - Categorias definidas para identificar as heurísticas desenvolvidas

Dimensão	N. Título	N. Título
USUÁRIO	1 Cognição	
	2 Comunicação	2.1 Linguagem
		2.2 Metáforas
	3 Autonomia	3.1 Controle
		3.2 Flexibilidade
INTERFACE	4 Diálogos de entrada	
	5 Diálogos de saída	
		6.1 Estética e organização
	6 Diálogos de interação	6.2 Consistência da interface
		6.3 Hierarquia da informação
		6.4 Animações e transições
	7 Ajuda e documentação	
SISTEMA	8 Eficiência	
	9 Atualização	
	10 Prevenção de erros	
	11 Recuperação	
	12 Segurança	
CURSO	13 Multimídia e ferramentas	
	14 Conteúdo e materiais	
	15 Estrutura	
	16 Interconectividade	
PEDAGÓGICO	17 Abordagem	
	18 Avaliação	
	19 Feedback	

Fonte: desenvolvido pelo autor

Ao se observar a proposta de conjunto de heurísticas desenvolvido aqui, pode-se perceber que, embora algumas heurísticas tenham sido aninhadas em categorias e dimensões cujos títulos sugerem carregar somente recomendações específicas ao contexto pedagógico, esta estratégia foi utilizada apenas para conferir ao conjunto logicidade e função didática. De fato, o pesquisador teve o cuidado de proporcionar ao longo de todo o conjunto a integração entre as linguagens oriundas

de ambos os contextos envolvidos de forma a tornar as recomendações propostas o mais adequadas possíveis ao domínio *m-learning*. Portanto, as heurísticas identificadas pelas dimensões intituladas “curso” e “pedagógico” não estão desassociadas do universo da usabilidade, da mesma forma que aquelas caracterizadas por termos reconhecidos pela ótica da usabilidade também apresentam termos e recomendações associados ao contexto de ensino e aprendizagem.

Outra característica marcante do conjunto proposto reside na função genérica que caracteriza suas heurísticas, embora informações de caráter específico também estejam disponíveis. Durante esta etapa do estágio de síntese foi observado que as recomendações categorizadas no quadro sistemático variavam entre informações genéricas e específicas, devido ao fato de terem sido analisados conjuntos de diferentes autores. A estratégia adotada pelo pesquisador durante a conversão, portanto, foi propor dois níveis de informação para expressar suas heurísticas, visto que era relevante fazer uso da integralidade das recomendações categorizadas.

Nesse sentido, o primeiro nível compreendeu a informação fundamental de cada heurística, tendo sido expresso de maneira genérica com o intuito de abranger o máximo de situações possíveis a determinada recomendação. No segundo nível informacional, chamado “informações adicionais”, foram abarcados exemplos práticos, e/ou explicações mais profundas, e/ou recomendações específicos a respeito de cada uma das heurísticas. Em outras palavras, enquanto o primeiro nível diz respeito às heurísticas em si, o segundo visa fornecer dados alternativos capazes de tornar a interpretação ainda mais clara.

Por fim, a partir do que foi discutido nesta sessão, acredita-se que a presença de coerência linguística específica ao domínio *m-learning* ao longo do conjunto, as adequações conferidas às categorias herdadas do quadro sistemático, e a definição de diferentes níveis informacionais, podem garantir que o conjunto desenvolvido proporcione às sessões de avaliação heurística facilidade de uso, logicidade, agilidade, e clareza de interpretação.

#### 4.4 ESTÁGIO DE VERIFICAÇÃO: ASSOCIAÇÃO ENTRE PROBLEMAS DE USABILIDADE IDENTIFICADOS E HEURÍSTICAS PROPOSTAS

Após o desenvolvimento do conjunto de heurísticas específico para avaliação em aplicativos *m-learning*, concluído no estágio anterior, a metodologia previa que, no estágio de verificação, os problemas de usabilidade identificados a partir da técnica Percurso Cognitivo fossem associados aos códigos das heurísticas com o intuito de verificar sua capacidade em detectar questões específicas ao domínio *m-learning*. Nesta seção, discutem-se os resultados oriundos desse processo.

A Tabela 3 detalha os resultados encontrados no processo de verificação das heurísticas inicialmente desenvolvidas e é possível observar que as inconsistências identificadas se referem aos problemas de número 08, 13, 15, 32, 35 e 58. Como era previsto, a natureza das inconsistências podia variar entre 1) a heurística possui recomendação insuficiente para detectar dado problema e precisa de refinamentos, e 2) nenhuma heurística foi capaz de detectar o problema e uma nova heurística precisa ser desenvolvida baseada nele.

Tabela 3 - Associação entre problemas de usabilidade identificados pelo Percurso Cognitivo e as heurísticas inicialmente desenvolvidas

Nº	Descrição do problema	COD. H.	COD. H.R.	Orientações
1	<i>Ao buscar o curso, o sistema demora tempo suficiente para deixar o usuário confuso sobre a eficácia do comando, e não oferece feedback sobre o problema. No entanto, o resultado da busca é exibido após certo tempo.</i>	01 05.1		
2	<i>Ao iniciar a busca, caso o usuário filtre primeiro por “curso em andamento” e posteriormente oferece a informação da busca, o filtro é apagado e, consequentemente, exibe todos os cursos.</i>	10		
3	<i>Na tela de informações do curso, ao clicar no link “ver mais”, o usuário é direcionado para a versão web.</i>	3.1 01		
4	<i>Sistema permite que o usuário defina um idioma primário, no entanto, o idioma do sistema continua em inglês.</i>	10 2.1		
5	<i>Foi encontrado apenas 1 curso no idioma Português. O sistema não pergunta ao usuário o seu idioma, de modo que tal característica possa ser informada ao usuário já no início.</i>	3.2		
6	<i>Na tela de recuperar senha, o usuário informa seu e-mail e o sistema não oferece funções para que ele volte à tela anterior a não ser o botão cancelar que não remete à intenção específica.</i>	3.1 2.2		
7	<i>A navegação entre as telas do curso é demasiadamente demorada, no entanto, o sistema exibe informação de carregamento mesmo sem feedback sobre progresso do carregamento.</i>	08 5.1		
8	<i>Imagens são exibidas em proporções e tamanho (bytes) inapropriados ao dispositivo, comprometendo a leitabilidade e o carregamento. Percebe-se que se trata do mesmo arquivo disponível na versão web.</i>		14	Expandir recomendação para cobrir aspectos a respeito da leitabilidade em conteúdo multimídia.
9	<i>O sistema não consegue carregar determinadas telas e não se recupera automaticamente. É necessária intervenção do usuário pois uma informação de fluxo de carregamento não termina.</i>	10 11		
10	<i>O sistema apresenta erros completos de carregamento de determinadas telas e não fornece feedback sobre o erro (ou fornece informação ininteligível), tampouco oportunidade de recuperação.</i>	10 11 5.1		
11	<i>O sistema apresenta erros completos de carregamento de determinadas telas mas fornece feedback sobre o erro, no entanto, sem a oportunidade de recuperação.</i>	10 11		
12	<i>Vídeos demoram para ser carregados caso não são baixados previamente.</i>	08		
13	<i>Ao ser carregado, o vídeo da aula exibe apenas o áudio.</i>		14	Expandir recomendação para cobrir aspectos a

Nº	Descrição do problema	COD. H.	COD. H.R.	Orientações
				respeito da qualidade de áudio em conteúdo multimídia.
14	<i>Títulos das páginas são “justificados”, prejudicando a leitura devido a espaçamentos grandes entre palavras.</i>	6.1		
15	<i>Gráficos e esquemas importantes para a compreensão da aula encontram-se em proporções inapropriadas para leitura.</i>		14	Expandir recomendação para cobrir aspectos a respeito da qualidade e definição de imagem em conteúdo multimídia.
16	<i>Quando o usuário clica para aumentar a dimensão de uma imagem que não é apresentada apropriadamente, o sistema apresenta erros não completos.</i>	10		
17	<i>Algumas telas do curso não estão disponíveis para dispositivo móvel. O sistema oferece a opção de direcionar o usuário para a versão web.</i>	6.3		
18	<i>Existem telas do curso que dividem o conteúdo original do curso (texto e vídeo). Essas telas carregam título que não as identificam (“untitled”) e frequentemente exibem erros.</i>	10 2.1		
19	<i>Existem caminhos para funções ou telas não disponíveis no app. (Ele deve disponibilizar apenas os recursos disponíveis)</i>	6.1		
20	<i>O material didático textual não é apresentado em formato apropriado para mobile e não pode ser lido no aplicativo. Um link é exibido para direcionamento via browser ou leitor de pdf.</i>	14		
21	<i>O sistema não possui função que apresenta o progresso do curso. Dessa forma, caso usuário saia do sistema, ao retornar ele precisa saber o ponto exato onde havia parado para retomar a aula.</i>	15		
22	<i>O sistema não possui integração síncrona com a versão web. Dessa forma, ao desempenhar alguma aula no computador e retornar para o dispositivo móvel, essa informação não é registrada no app (salvas submissões no fórum de discussão).</i>	09		
23	<i>Alguns ícones presentes na interface do curso remetem a “botões com links”, mas apenas representam a informação textual e não possuem função de comando ativa.</i>	2.2		
24	<i>Sistema não fornece botão de cadastro no aplicativo. Está disponível o botão “cadastrar” na tela guiada pelo botão “entrar”, contudo, se trata de uma inconsistência.</i>	2.2 10		
25	<i>Na tela acessada pelo botão “entrar”, estão disponíveis os botões para efetuar login pelo Facebook, Google e e-mail. No entanto, o campo disponível para esse último é guiado pelo botão “cadastrar”, o que não remete a sua intenção.</i>	2.2 10		

Nº	Descrição do problema	COD. H.	COD. H.R.	Orientações
26	<i>Os resultados da busca são exibidos em categorias muito específicas a plataforma. Caso o usuário não possui experiência prévia com a versão web, é necessário certo tempo para familiarizar-se.</i>	2.1		
27	<i>O filtro não possui função de “selecionar tudo” ou “desmarcar tudo”. Usuário preciso clicar novamente na categoria que selecionou para desmarcar.</i>	01		
28	<i>Ao exibir o resultado de uma busca o teclado continua ativo, dificultando a interação com a tela. Não existe botão para sair do teclado, é preciso clicar no botão “buscar”.</i>	10 11		
29	<i>Botão para sair da tela e retornar ao estado anterior é inconsistente.</i>	11		
30	<i>O sistema não fornece uma tela que permite acompanhar o progresso do curso ou agrupar os cursos já iniciados. As aulas assistidas são registradas na área “atividade recente”.</i>	15		
31	<i>As áreas “atividade recente” e “assuntos recentes” possuem quantidade de registro limitada, o que apaga registros muito antigos.</i>	15 6.3		
32	<i>O curso não possui informações sobre a metodologia de ensino referente as aulas/avaliações/interações, rubricas, etc. Dessa forma o aluno não conhece o que é esperado dele desde o início do curso.</i>		17	Expandir a recomendação para enfatizar a necessidade de manifestar claramente e tornar disponível a abordagem pedagógica do curso.
33	<i>Ao sair do aplicativo para executar outra atividade no dispositivo móvel o sistema não retorna ao estado anterior.</i>	11		
34	<i>A sensibilidade ao toque não é muito acurada.</i>	04		
35	<i>O conteúdo do vídeo é apresentado de forma a não proporcionar boa leitabilidade.</i>		14	Expandir recomendação para cobrir aspectos a respeito da leitabilidade em conteúdo multimídia.
36	<i>Mesmo que o idioma dos enunciados está em português, quando o usuário comete um erro em um questionário, uma mensagem aparece parcialmente em inglês. Além disso, o ícone apresentado não representa um erro.</i>	2.1 19 2.2		
37	<i>O sistema não possui botões de avançar ou retroceder as aulas. É preciso utilizar o botão de voltar à tela anterior e selecionar outra aula.</i>	01 6.1		
38	<i>A navegação entre algumas telas do curso é demorada e o sistema não exibe feedback sobre carregamento.</i>	8 5.1		
39	<i>Ao inserir uma resposta no exercício, o botão “verificar” não está acoplado a janela pop-up que o esconde eventualmente.</i>	6.1 6.4		
40	<i>Ao inserir uma resposta incorreta o sistema exibe a mensagem “continue tentando”, contudo, quando os erros são frequentes o sistema não exibe atalhos ou dicas para guiar</i>	19		

Nº	Descrição do problema	COD. H.	COD. H.R.	Orientações
	<i>o usuário à resposta correta.</i>			
41	<i>Na tela que exibe as etapas de um curso, uma cor diferente é conferida aos caminhos já executados pelo usuário. No entanto, eventualmente essa informação não é atualizada.</i>	09		
42	<i>Na tela em que o usuário assiste o vídeo de determinada aula, algumas miniaturas de outros vídeos pertencentes ao curso estão disponíveis aleatoriamente. Talvez podia-se investir em interações mais úteis nessas áreas como botões que estruturassem uma navegação mais hierárquica.</i>	6.3		
43	<i>Ao realizar uma aula na web o aplicativo não sincroniza tal atividade de imediato mesmo reiniciando-o.</i>	09		
44	<i>App não permite personalização do idioma, mas essa função pode ser alterada na web e é atualizada na redefinição do aplicativo.</i>	3.1 09		
45	<i>O app omite alguns resultados de buscas que são encontrados na versão web.</i>	6.3		
46	<i>Sistema não apresenta ícones para distinguir entre cursos pagos e gratuitos na busca, o que pode causar frustração no usuário que busca por curso gratuito e só descobre ao explorar a introdução ao curso.</i>	01 2.2		
47	<i>Sistema coloca compra de alguns cursos ainda não iniciados parecer obrigatório. Contudo, a compra é referente ao certificado, e o usuário pode escolher por se inscrever em um curso em progresso.</i>	01 2.2		
48	<i>A legenda em português de uma aula com idioma original em inglês não corresponde ao áudio.</i>	13		
49	<i>A navegação entre algumas telas do curso é demorada, mas o sistema exibe feedback sobre carregamento.</i>	08		
50	<i>A navegação entre algumas telas do curso é demasiadamente demorada, mas o sistema exibe feedback sobre carregamento.</i>	08		
51	<i>Sistema apresenta erro catastrófico e encerra totalmente sem oferecer feedback sobre o problema.</i>	10 5.1		
52	<i>Ao reiniciar o app após fechamento por erro, o sistema não retorna ao estado anterior.</i>	11		
53	<i>Sistema consome níveis demasiados de bateria.</i>	08		
54	<i>Botão de avançar para próxima tela (“next item”) não responde à ação.</i>	10		
55	<i>O sistema não fornece tela ou interações que registram progresso das aulas ou atividades realizadas para acompanhamento e organização do aluno.</i>	15		
56	<i>A busca não possui filtro. O sistema não oferece controle ao usuário sobre filtrar por</i>	3.1 3.2		

Nº	Descrição do problema	COD. H.	COD. H.R.	Orientações
	<i>idioma, estágio do curso (iniciado ou em progresso), ou nível (iniciante, intermediário, avançado).</i>			
57	<i>Sistema não apresenta tutorial sobre as principais funções para usuários experientes ou quando o app é instalado.</i>	01		
58	<i>O app exibe um número exagerado de notificações quando o aplicativo está em segundo plano. As mensagens são pouco importantes para o engajamento do aluno no curso ou para estimular a aprendizagem.</i>			Incluir heurística com recomendações a respeito de notificações e associa-la à categoria “5. Diálogos de saída”. Essa categoria deve também ser divida.
59	<i>Na tela de login, o teclado não exibe informações preditivas para campos específicos (ex.: teclas “com” e “@” para campos de e-mail).</i>	04		
60	<i>O app não permite salvar a integralidade das aulas em modo off-line para estudos sem conexão de internet.</i>	3.2		
61	<i>O aplicativo não oferece opção de personalizar o sistema, e suas configurações são limitadas.</i>	3.2		
62	<i>O idioma das telas referentes às aulas do curso varia entre inglês e português.</i>	2.1		

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Ao se observar a Tabela 3, nota-se de forma geral que o conjunto inicialmente proposto foi inconsistente em detectar apenas 6 problemas de usabilidade, o que representa aproximadamente 10% de um total de 62 problemas de usabilidade. Isso também equivale a dizer que o desempenho da conjunto foi de 90%.

Os resultados apontaram que a heurística identificada pelo código 14, intitulada “Conteúdo e materiais”, pertencente à dimensão “Curso” poderia identificar os problemas 08, 13, 15 e 35 caso as intervenções sugeridas fossem aplicadas. Esses problemas tratavam de questões concernentes a leitabilidade e qualidade dos recursos didáticos disponíveis através de elementos multimídia como vídeo, gráfico e imagem. Portanto, diante das orientações sugeridas o pesquisador decidiu expandir a heurística em questão com a seguinte recomendação: “Os recursos didáticos apresentados em formato multimídia devem carregar boa legibilidade e qualidade de imagem e/ou som”.

Outra inconsistência de associação foi observada entre a heurística de código 17 – denominada “Abordagem” e alocada na dimensão “Pedagógico” do conjunto – e o problema de número 32 que relatava a carência de informações disponibilizadas ao aluno referentes à metodologia do curso. Embora essa heurística recomende de

maneira genérica os aspectos relativos a abordagem pedagógica de um curso *m-learning*, ela de fato é incapaz de cobrir a questão relatada. Nesse sentido, esta heurística também foi expandida com a seguinte recomendação: “A abordagem deve estar claramente manifestada e disponível aos alunos antes e durante o processo de aprendizagem”.

Por último, o problema de número 58 foi o único que não foi capaz de ser associado com nenhuma das heurísticas disponíveis no conjunto proposto. Esse problema abordava questões relacionadas à qualidade e à frequência de mensagens de notificação que eram exibidas quando o aplicativo não estava sendo utilizado. Baseando-se nas informações relatadas pelo problema e nas orientações consideradas, o pesquisador desenvolveu uma nova heurística para o conjunto que foi categorizada como “Notificações” na dimensão “Interface”. No entanto, tendo em vista que essa heurística abarcava recomendações também aplicáveis à categoria 5 denominada “Diálogos de saída”, a única heurística que estava expressa ali passou a ser denominada “Estado do sistema” e, dessa forma, ambas adquiriram a posição de subcategoria.

Muito embora, no atual estudo, este estágio tenha apontado um número não expressivo de ocorrências relacionadas à incapacidade de associação entre heurísticas desenvolvidas e problemas de usabilidade representativos do domínio, é relevante destacar a importância dos processos empregados aqui. Como se observa, este estágio foi fundamental para apontar refinamentos no conjunto de heurísticas e contribuiu para melhorar a qualidade das recomendações desenvolvidas, ampliando seu universo de cobertura.

Após concluídos os ajustes descritos, acredita-se que o conjunto UHMoL seja substancial o bastante para detectar problemas de usabilidade representativos do domínio *m-Learning* e, na intenção representar visualmente e de forma esquematizada as dimensões e categorias que representam suas heurísticas, um infográfico foi construído. A Figura 6 apresenta este infográfico que tem o objetivo de proporcionar aos avaliadores da usabilidade de sistemas *m-Learning* uma visão global da estrutura do conjunto e comunicar de forma rápida as dimensões e categorias que podem ser usadas durante sessões de avaliação heurísticas para identificação de problemas de usabilidade deste domínio.

Figura 6 - Infográfico do conjunto UHmOL



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Conforme se observa na Figura 6, o conjunto de heurísticas UHMoL foi estruturado por meio de 5 dimensões consideradas representativas dos principais contextos influenciadores do processo de interação entre usuário e aplicativo m-Learning: usuário, interface, sistema, curso e pedagógico. Diante da complexidade inerente ao domínio, essa estrutura permite que, ao utilizar o conjunto em avaliação heurística, o avaliador possa intuitivamente navegar pelas dimensões a partir do tipo de problema identificado. Além disso, caso o avaliador opte por também associar as dimensões aos problemas de usabilidade identificados, o conjunto pode ser útil para apontar os contextos mais críticos de um aplicativo *m-learning*. Ao todo, foram definidas 25 heurísticas que estão distribuídas em categorias e subcategorias ao longo das dimensões.

Na primeira dimensão, intitulada “usuário”, foram agrupadas as heurísticas que possuem recomendações que visam garantir um sistema adequado às características do usuário relacionadas a processos cognitivos e de comunicação, além de pontuar a importância de se proporcionar níveis apropriados de autonomia.

Por outro lado, a dimensão chamada “interface” agrupa heurísticas que estão focadas em recomendar maneiras e meios pelos quais o sistema deve interagir com o usuário, técnicas apropriadas para organizar e hierarquizar elementos e informações, diretrizes para padronizar telas e transições, além de maneiras eficientes de prover ajuda ao usuário. Já a dimensão “sistema” é específica aos assuntos de usabilidade influenciados por questões sistêmicas e abarca recomendações sobre eficiência do aplicativo, atualização e segurança de dados, e prevenção e recuperação de erros.

Na dimensão “curso” o avaliador tem à disposição heurísticas que lidam com as questões interativas relativas a elementos multimídia e ferramentas que auxiliam o usuário no processo de ensino e aprendizagem, à maneiras e meios para se construir materiais e conteúdos significativos no domínio, à importância de se constituir e evidenciar uma estrutura de curso adequada, e aos elementos e às técnicas que proporcionam conectividade entre os participantes do processo. Por fim, a dimensão denominada “pedagógico” centraliza questões de cunho educacional que têm como objetivo garantir abordagens pedagógicas, técnicas de avaliação da aprendizagem e informações de desempenho de ensino ideais ao domínio *m-learning*. No Quadro 10 é apresentado o conjunto completo juntamente com as recomendações de usabilidade específicas ao domínio.

Quadro 10 - Versão definitiva do conjunto de heurísticas UHmOL desenvolvido

USUÁRIO	
<b>1 Cognição</b>	<p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve fornecer um padrão de interface no qual a carga de memória do usuário seja significativamente minimizada e a capacidade de aprendizagem do usuário seja potencializada.</p>
	<p>O padrão de interface deve fornecer tarefas fáceis e intuitivas. Portanto, ações simples ou mais frequentes não devem exigir muitas etapas. Além disso, módulos principais da interface como objetos, ações, opções, cores, textos, etc., devem ser legíveis e/ou facilmente detectáveis. É aconselhável exibir um tutorial durante a primeira utilização do aplicativo <i>m-learning</i>, a fim de tornar os usuários novatos familiarizados com os principais recursos do aplicativo e as formas comuns de uso. Da mesma forma, os usuários experientes devem poder ignorar, definitivamente esconder ou acessá-lo sempre que necessário.</p>
<b>2 Comunicação</b>	
<b>2.1 Linguagem</b>	<p>Ao invés de usar termos técnicos ou orientados para o sistema, a aplicação deve "falar" idioma familiar ao contexto e ao nível do usuário de forma natural e não invasiva. A comunicação em telas específicas para alunos deve considerar nível de aprendizagem e o assunto em estudo.</p>
	<p>A comunicação da interface deve ser adequada ao usuário e não pode gerar ambiguidades ou obviedades. Além disso, a linguagem deve ser respeitosa, adequada à diversidade e representar toda a comunidade.</p>
<b>2.2 Metáforas</b>	<p>As metáforas utilizadas na interface <i>m-learning</i> (em ícones, botões, diálogos, ações, etc.) devem representar exatamente aquilo que o usuário-alvo espera. Portanto, elas devem imitar convenções do mundo real e, de preferência, aderir a padrões de representação amplamente estabelecidos.</p>
	<p>Idealmente, as representações no aplicativo <i>m-learning</i> devem seguir convenções amplamente reconhecidas de interação com dispositivos móveis, no entanto, caso padrões de representação alternativos sejam aplicados, eles devem ser apropriados para o público-alvo e ao conteúdo do assunto em estudo.</p>
<b>3 Autonomia</b>	
<b>3.1 Controle</b>	<p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve suportar uma abordagem orientada aos usuários, ou seja, os usuários devem possuir o controle necessário ao sucesso de suas necessidades.</p>
	<p>O usuário <i>m-learning</i> pode ter diferentes necessidades de interação com a interface diferentes daquelas esperadas ou do modelo linear proposto, especialmente devido à condição de mobilidade em que a interferência de fatores ambientais ou contextuais é frequente. Controle, portanto, tem a ver com o nível de liberdade ou com a qualidade dos meios fornecidos para permitir que a tarefa seja desempenhada de acordo com os desejos do usuário.</p>
<b>3.2 Flexibilidade</b>	

Os usuários devem ser capazes de adaptar seu acesso às ações ou conteúdos mais importantes e frequentes, personalizar o aplicativo de acordo com necessidades contextuais e criar atalhos/marcadores de recursos ou telas.

Além disso, o *m-learning* pode sugerir uma interface personalizada com base na previsão do perfil e das necessidades do usuário. Do mesmo modo, é importante que o sistema diferencie entre necessidades específicas dos alunos e dos professores, e permita caminhos de aprendizagem alternativos. A fim de reduzir gastos excessivos com o uso de internet móvel, a utilização off-line pode ser oferecida.

## INTERFACE

### 4 Diálogos de entrada

O aplicativo *m-learning* pode fazer uso de diferentes tecnologias para entrada de dados pelo usuário, disponíveis em dispositivos móveis. Independentemente da tecnologia implementada, é um requisito que o usuário possa inserir com precisão e eficiência os dados necessários e/ou desejados.

Tecnologias alternativas para inserção de dados, tais como *voiceover*, biometria, sensores de proximidade, acelerômetro, GPS, etc., podem melhorar a eficiência e enriquecer a experiência de aprendizagem, caso estejam orientados aos objetivos de ensino. No que diz respeito à tela sensível ao toque (teclado virtual e comandos), a interface deve exibir botões suficientemente grandes e, de preferência, permitir o uso com apenas uma mão.

### 5 Diálogos de saída

#### 5.1 Estado do sistema

O *m-learning* deve fornecer ao usuário informações apropriadas a respeito do estado do sistema ou mudanças de estado. Independentemente da natureza da informação fornecida, o diálogo deve ser preciso sobre o estado/problema através de linguagem otimista.

O usuário deve notar ou ser informado de que o aplicativo *m-learning*, a interface ou o módulo está funcionando corretamente. Ao enfrentar mudanças de estado (como por exemplo fluxo de vídeo ou carregamento de conteúdo), o usuário deve ser imediatamente comunicado.

#### 5.2 Notificações

Mensagens de notificação devem ser suficientes ao ponto de comunicar apenas as informações necessárias. Além disso, elas devem ser desencadeadas em situações em que são fundamentais para o engajamento ou a produtividade dos alunos.

Diferentemente do feedback relacionado à mudança do estado do sistema e a erros do sistema, as mensagens de notificação geralmente são exibidas para informar ou lembrar algo essencial, mas não crítico, especialmente quando o aplicativo está sendo executado em segundo plano.

### 6 Diálogos de interação

#### 6.1 Estética e organização

É fundamental que a interface *m-learning* seja esteticamente agradável, e possua design minimalista e apelo emocional. Devido ao fato de a tela móvel ser um espaço escasso, cada tela da interface deve fornecer apenas a informação absoluta e necessária e ser focada em apenas uma tarefa. Também é um requisito de que a interface priorize foco e aprendizagem, e potencialize o desempenho dos estudantes.

<p>De modo a aproveitar espaços, a interface deve possuir margens reduzidas, uma pequena quantidade de itens e elementos bem contrastados e alinhados. Componentes relacionados devem ser aninhados e todas as informações devem ser aplicadas em plano de fundo claro para evitar distração nos alunos. As escolhas de fontes, cores e tamanhos devem considerar a legibilidade.</p>
<p><b>6.2 Consistência da interface</b></p> <p>A interface <i>m-learning</i> e seu modelo conceitual devem ser familiares aos usuários-alvo e manter um nível adequado de consistência padrão ao longo do aplicativo.</p>
<p>A adoção de convenções amplamente reconhecidas para interação móvel é fortemente aconselhável. Além disso, é um requisito que os componentes principais sejam mantidos no mesmo local em cada tela; ações semelhantes sejam realizadas por interações similares; a metáfora de cada comando seja única ao longo da aplicação. O aplicativo deve ser consistente em termos de linguagem, iconografia, cores e sons. O padrão fornecido não deve variar ao longo da interface e entre diferentes versões do aplicativo <i>m-learning</i> desenvolvidas para diferentes dispositivos do mesmo fabricante e Sistema Operacional.</p>
<p><b>6.3 Hierarquia da informação</b></p> <p>Todas as informações apresentadas na interface <i>m-learning</i> devem ser organizadas de forma natural e lógica. O usuário deve ser suprido com informações absolutamente suficientes e necessárias para completar a tarefa proposta de forma eficiente.</p>
<p>Devido à tela reduzida dos dispositivos móveis, informações essenciais devem ser colocadas em áreas mais propensas a atrair a atenção, e a organização da interface deve priorizar que as tarefas sejam realizadas em uma única interação. Além disso, informações irrelevantes ou desnecessárias não devem ser exibidas.</p>
<p><b>6.4 Animações e transições</b></p> <p>Os elementos interativos (animações, efeitos, transições, etc.) presentes na interface <i>m-learning</i> devem ser adequados ao nível e às necessidades do usuário, potencializar a aprendizagem, e ser exibidos de forma fluida e ininterrupta.</p>
<p>A escolha de técnicas de interação deve ser embasada no bom desempenho do sistema, na produtividade do usuário, em apelos emocional e estético, e em metáforas adequadas.</p>
<p><b>7 Ajuda e documentação</b></p> <p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve fornecer, de qualquer parte ou estado do sistema, um centro de documentação acessível e baseado em contexto, que inclua funções disponíveis e/ou instruções sobre como resolver problemas potenciais.</p>
<p>A assistência deve ser clara e objetiva, e instruções complexas devem ser simplificadas para o entendimento do usuário. De maneira ideal, a ajuda deve ser orientada à tela ou ao contexto, ou seja, centrada na tarefa atual do usuário. O aplicativo deve também assistir as necessidades específicas de tutores (como suporte para material e preparação de conteúdo).</p>
<p style="text-align: center;"><b>SISTEMA</b></p> <p><b>8 Eficiência</b></p> <p>Os usuários devem ser capazes de completar com sucesso suas tarefas no menor período possível de tempo. Da mesma forma, o sistema deve ser eficiente o suficiente para ajudar os alunos a alcançar seus requisitos de aprendizagem.</p>

<p>De modo a evitar desperdício de tempo geralmente relacionado à tecnologia, as características do aplicativo <i>m-learning</i> devem combinar as capacidades do <i>hardware</i> e do sistema operacional do dispositivo móvel. Além disso, o aplicativo deve minimizar gastos de bateria e memória local do dispositivo móvel.</p>
<b>9 Atualização</b>
<p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve atualizar constantemente e automaticamente informações vitais para o aluno, como conteúdo e progresso de aprendizagem. De maneira similar, caso o aplicativo também possua uma versão <i>e-learning</i>, espera-se que as informações atualizadas estejam disponíveis ao usuário na migração de plataforma.</p>
<p>Ao avançar para outra aula ou marcar a atual como concluída, o aplicativo deve atualizar e fornecer esta informação imediatamente ao longo das telas da interface. Caso o aluno decida utilizar a versão <i>e-learning</i> do curso, ele deve encontrar o mesmo progresso disponível no aplicativo <i>m-learning</i>.</p>
<b>10 Prevenção de erros</b>
<p>Erros no aplicativo <i>m-learning</i> podem ser causados pelo sistema, quando ele não funciona como esperado, e pelo usuário, que podem ser relacionados à cognição, à entrada de dados ou ao conteúdo. Nesse sentido, o <i>m-learning</i> deve possuir tanto mecanismos para evitar sua ocorrência quanto a capacidade de distinguir sua natureza.</p>
<p>Algumas práticas comuns devem ser adotadas para evitar a ocorrência de erros, tais como: 1) erro do sistema: atualizações locais são preferíveis ao invés de globais; 2) erro cognitivo: comandos perigosos podem ser colocados em níveis de menu mais profundos, tarefas complexas (potencialmente perigosas ou infreqüentes) podem conter várias etapas, além disso, o sistema pode antecipar um erro com base em um erro já realizado 3) erro de entrada de dados: fornecer informações claras a respeito de dados necessários; 4) erro de conteúdo: conforme apresentado na heurística 19.</p>
<b>11 Recuperação</b>
<p>Diante de um erro inevitável, o aplicativo <i>m-learning</i> deve avisar o usuário imediatamente de forma clara e compreensível, e fornecer meios adequados para permitir que os usuários retornem a um estado desejável.</p>
<p>Dependendo da natureza do erro, diferentes soluções são necessárias. 1) erro do sistema: o sistema deve retornar rapidamente ao último estado estável ou ao ponto lógico mais próximo da aplicação; 2) erro cognitivo: os diálogos devem orientar o usuário através de soluções práticas; 3) erro de entrada de dados: sempre que a previsão do erro for possível, sugira soluções viáveis de correção (por exemplo: "você digitou 'são' em resposta à pergunta. Você queria dizer 'cão'?"); 4) erro de conteúdo: conforme apresentado na heurística 19.</p>
<b>12 Segurança</b>
<p>Dispositivos móveis possuem alta probabilidade de serem perdidos, portanto, o aplicativo <i>m-learning</i> deve fornecer formas de proteger dados pessoais ou privados.</p>
<p>Métodos para proteção de dados podem variar como solicitação de senha e criptografia de dados, desde que forneçam ao usuário segurança adequada.</p>
<b>CURSO</b>
<b>13 Multimídia e ferramentas</b>
<p>Elementos multimídia e ferramentas fornecidos aos alunos devem ser específicos ao domínio de aprendizagem e adequados o suficiente para gerar aprendizado significativo. De forma similar, os tutores devem ter à disposição ferramentas de autoria exclusivas e restritas, capazes de facilitar o gerenciamento de suas atividades específicas.</p>
<p>É necessário que a escolha e as características dos recursos disponíveis aos estudantes considerem as habilidades dos usuários, o assunto em estudo, a abordagem pedagógica e os objetivos de aprendizagem. Como exemplos, pode-se fornecer meios para escolher e controlar opções de mídia, realizar anotações, integrar o material didático, e promover</p>

<p>aprendizagem prática e auto-aprendizagem. Por outro lado, as ferramentas específicas aos tutores devem auxilia-los em suas necessidades reais, como realizar upload de documentos, criação/edição de testes de avaliação, gerenciamento de frequência e progresso do curso, etc.</p>
<p><b>14 Conteúdo e materiais</b></p>
<p>O <i>m-learning</i> deve fornecer conteúdos e materiais interessantes e atualizados, capazes de auxiliar os alunos a alcançar seus objetivos de aprendizagem, e vantajosos o suficiente para justificar seu uso na mídia virtual em comparação com as impressas. Além disso, o conteúdo e os materiais devem ser suficientes, relevantes, confiáveis, e manter um fluxo lógico. Os recursos didáticos apresentados em formato multimídia devem carregar boa legibilidade e qualidade de imagem e/ou som.</p>
<p>Idealmente, o <i>m-learning</i> não deve exigir aplicativos externos específicos para acesso de conteúdo e materiais. Sugere-se que o aplicativo forneça diferentes tipos de recursos, como exemplos, textos, ilustrações, gráficos, vídeos, etc. Eles devem replicar o máximo possível sua disponibilidade no mundo real. Caso recursos externos de aprendizagem sejam utilizados, os links devem ser mantidos atualizados.</p>
<p><b>15 Estrutura</b></p>
<p>O aluno deve conhecer a estrutura hierárquica do curso e, sempre que adequado, os assuntos de alta relevância. Portanto, um caminho de aprendizagem padrão e fácil de ser acessado deve ser fornecido ao aluno.</p>
<p>Espera-se que o aplicativo <i>m-learning</i> possua um mapa ou tabela de conteúdo do curso de fácil acesso. Também é importante que o aplicativo seja capaz de rastrear o progresso de aprendizagem e constantemente fornecer tal informação ao aluno. Da mesma forma, tais características devem se aplicar a caminhos de aprendizagem alternativos.</p>
<p><b>16 Interconectividade</b></p>
<p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve fornecer diferentes canais que garantam a capacidade de comunicação síncrona e assíncrona entre alunos, instrutores, pares e outros participantes do processo de aprendizagem.</p>
<p>Ferramentas para comunicação englobam fóruns de discussão, <i>chats</i>, troca de mensagens, conferências de vídeo e/ou áudio, etc. Estes podem ser fornecidos de diversas maneiras para uma variedade de propósitos, como por exemplo, pode-se haver um canal de trocas de mensagem para conectar de maneira privada estudantes e tutores a respeito de questões genéricas; da mesma forma, um fórum de discussão aberto para cada assunto pode estimular discussões relacionadas a tópicos específicos.</p>
<p><b>PEDAGÓGICO</b></p>
<p><b>17 Abordagem</b></p>
<p>A abordagem pedagógica, ou seja, as formas disponíveis para que os alunos alcancem os objetivos de aprendizagem, devem atender às características e necessidades específicas de um curso de <i>m-learning</i>. A abordagem deve estar claramente manifestada e disponível para os alunos antes e durante o processo de aprendizagem.</p>
<p>Abordagens pedagógicas comuns em aplicativos <i>m-learning</i> exigem, por exemplo, que os alunos tenham a capacidade de trabalhar em seu próprio ritmo, o desempenho seja baseado em resultados, as atividades sejam interessantes e envolventes, haja adaptação de valores morais, características individuais sejam consideradas, o pensamento crítico seja estimulado, a aprendizagem seja significativa, etc.</p>
<p><b>18 Avaliação</b></p>
<p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve fornecer oportunidades de avaliação suficientes, desafiadoras e adequadas aos objetivos e conteúdo de aprendizagem. É importante que as avaliações sejam oferecidas em diferentes formatos e de preferência desenvolvidas sob demanda.</p>
<p>Normalmente, as atividades de avaliação através de aprendizagem autônoma são mais adequadas para cursos <i>m-learning</i> devido a sua eficiência em abranger um grande número</p>

de alunos sem a necessidade de mediação para correção. Sempre que apropriado, devem ser oferecidas avaliações de ordem superior (ex: análise, síntese e exame), em vez de apenas avaliações de ordem inferior (ex: reconhecimento e lembrança de informações).

#### 19 Feedback

Sempre que adequado para o processo de aprendizagem, o aluno deve receber feedback contextual, preciso e relevante a respeito do assunto em estudo. Normalmente, o feedback é oferecido logo após as tarefas de avaliação da aprendizagem, através de explicações e estímulos capazes enriquecer o processo.

Em face de uma resposta correta do aluno, o aplicativo *m-learning* pode, por exemplo, enfatizar o sucesso e fornecer informações contextuais adicionais. Por outro lado, diante de respostas incorretas, o sistema pode oferecer estímulos (como uma dica) capazes de guiar o aluno para uma resposta correta, utilizando-se de aprendizagem a partir de erros.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

Diante do que foi apresentado nesta sessão, acredita-se que o processo de verificação realizado foi significativo ao apontar, ainda no estágio de desenvolvimento do conjunto UHMoL, que suas heurísticas têm a capacidade de identificar problemas de usabilidade específicos ao domínio *m-learning*. Não obstante, embora se saiba que ainda existe a necessidade de submeter o conjunto proposto a processos validativos, capazes de medir suas vantagens em relação a conjuntos cujas recomendações são consideradas aplicáveis a qualquer tipo de sistema computacional, acredita-se também que os estágios que compreenderam o desenvolvimento das heurísticas foram substanciais no sentido de gerar um produto coerente para abranger a complexidade observada no domínio estudado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desta pesquisa residiu no desenvolvimento de um conjunto de heurísticas específico para avaliação da usabilidade de aplicativos *m-learning*. Nesse sentido, buscou aprofundar o conhecimento científico a respeito de um domínio ainda em expansão, pouco explorado, e relevante para determinadas demandas que se configuram frente a sociedade contemporânea, ao levantar e discutir questões concernentes aos métodos recorrentes para proposição de heurísticas em domínios específicos, às características técnicas e de usabilidade da computação móvel, à complexidade inerente a aplicativos *m-learning*, e aos conjuntos de heurísticas similares existentes nos domínios *e-learning* e *mobile*.

A partir da avaliação por especialista realizada através da técnica Percurso Cognitivo, conseguiu-se identificar um número significativo de problemas de usabilidade representativos do domínio *m-learning*. Dentre outras questões observadas, a análise desses resultados apontou a substancial presença de infrações de usabilidade consideradas severas, a ocorrência majoritária de problemas originados simultaneamente nos contextos do sistema e do curso, e que os problemas de usabilidade não costumam ser exclusivos à versão de determinado sistema operacional móvel.

Outro resultado importante do estudo foi o desenvolvimento de um quadro sistemático que categorizou heurísticas existentes nos domínios *e-learning* e *mobile* em uma estrutura coerente à linguagem específica do domínio *m-learning*. Esse corpo teórico organizado criou condições suficientes e adequadas para dar origem à primeira versão do conjunto de heurísticas UHmOL. Como o conhecimento foi herdado de outros domínios, embora integrantes deste em estudo, acredita-se que os processos analíticos empregados foram fundamentais para conferir consistência ao conjunto de heurísticas sintetizado.

O processo que associou as heurísticas propostas aos problemas de usabilidade identificados no domínio, de modo a verificar o desempenho do conjunto, apontou um resultado de 90%. Foi possível descobrir também que, além da inclusão de uma nova heurística, sutis ajustes eram necessários para tornar o conjunto UHmOL eficientemente capaz de cobrir a integridade das questões analisadas. Portanto, acredita-se que sua versão final, que teve as adequações

incorporadas, seja capaz de conferir um desempenho igual ou semelhante em processos de avaliação heurística.

Tendo em vista a imperícia observada em alguns estudos de finalidades análogas, faz-se importante destacar que uma preocupação importante nesta pesquisa foi a de definir e executar, dentro dos limites de custo e tempo disponíveis, estágios metodológicos sólidos e capazes de cobrir o que se acreditava ser fundamental para abranger as necessidades que implicam no desenvolvimento coerente de um conjunto de heurísticas representativo do domínio.

Embora um cuidadoso trabalho tenha sido empregado, não se descarta a necessidade de estudos futuros submeterem o conjunto UHmOL a processos de validação, visto que esse é um meio adequado para atestar a real eficiência das heurísticas propostas neste estudo. Conforme identificaram Hermawati e Lawson (2016), os métodos de validação podem envolver, por exemplo, a comparação com resultados de conjuntos genéricos ou de avaliação com usuários.

Outro estudo útil pode compreender condições capazes de determinar pesos ou scores qualitativos a cada uma das heurísticas de forma a viabilizar que, ao final da avaliação heurística, o especialista tenha à disposição dados mais concretos a respeito da qualidade do aplicativo analisado.

Além disso, a versão final do conjunto foi definitiva apenas para os objetivos desse trabalho e, portanto, outras abordagens podem ainda ser utilizadas no sentido de verificar junto ao público-alvo a adequação de seus termos, recomendações e estrutura, através de métodos que envolvam entrevista, grupo focal, card sorting, etc., que podem ser úteis para extrair informações distintas das encontradas na bibliografia.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, A.; SINHA, D. Assessing the Quality of M-learning Systems using ISO/IEC 25010. **International Journal of Advanced Computer Research**, v. 3, n. 3, p. 67-75, 2013.
- AL-RAZGAN, M.S., AL-KHALIFA, H.S., AL-SHAHRANI, M.D.. Heuristics for evaluating the usability of mobile launchers for elderly people. In: MARCUS, A. (Ed.), **DUXU 2014 Part I LNCS 8517**, p. 415-424, 2014.
- ARDITO, C.; MARSICO, M. D.; LANZILOTTI, R.; LEVIALDI, S.; ROSELLI, T.; ROSSANO, V.; TERSIGNI, M. Usability of e-learning tools. In: **Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces**. ACM, p. 80-84, 2004.
- ARDITO, C.; MARSICO, M. D.; LANZILOTTI, R.; LEVIALDI, S.; ROSELLI, T.; ROSSANO, V.; TERSIGNI, M. An approach to usability evaluation of e-learning applications. **Universal access in the information society**, v. 4, n. 3, p. 270-283, 2006.
- BERBEL, N.; COSTA, W.; GOMES, I.; OLIVEIRA, C.; VACONCELLOS, M. **Avaliação da Aprendizagem no Ensino Superior**: Um retrato em cinco dimensões. Londrina: Editora UEL, 2001.
- BERTINI, E.; SILVIA, G.; KIMANI, S. Appropriating and assessing heuristics for mobile computing. In: **Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces**. ACM, p. 119-126, 2006.
- BISOL, C. A. Ciberespaço: terceiro elemento na relação ensinante/aprendente. In: VALENTINI, C. B.; SOARES, E.M.S. **Aprendizagem em Ambientes Virtuais**: compartilhando idéias e construindo cenários. Caxias do Sul: EDUCS, 2005, [s.p].
- CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. 11 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2008.
- CHEONG, C.; BRUNO, V.; CHEONG, F. Designing a mobile-app-based collaborative learning system. **Journal of Information Technology Education**, v. 11, p. 97-119, 2012.
- CHISNELL, D.E., REDISH, J.C.G., LEE, A.M.Y. New Heuristics for Understanding Older Adults as Web Users. **Technical Communication**, v. 53 n. 1, p. 39–59, 2006.
- CYBIS, W.; BETIOL, H.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade**: conhecimentos, métodos e aplicações. São Paulo: Novatec, 2010.
- DRINGUS, L.P., COHEN, M.S. An adaptable usability heuristic checklist for online courses. In: **Proceedings of 35th Annual Conference Frontiers in Education**, p. 6-11, 2005.
- ELLEITHY, K; RAZAQUE, A. Fostering of innovative usability testing to develop mobile application for mobile collaborative learning (MCL). **ICGST-AIML Journal**, v.

12, n. 1, p. 5-12, 2012.

EXAME. **Agora o Coursera vai falar português**. Revista Exam Abril, conteúdo on-line, 2014. Disponível em <<http://goo.gl/sTtUZn>>. Acesso em 12/01/2016.

GARTNER INC. **Worldwide Smartphone Sales Grew 3.9 Percent in First Quarter of 2016**. Conteúdo on-line, 2016. Disponível em <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3323017>>. Acesso em 19/06/2016.

GLACKIN, B. C.; RODENHISER, R. W.; HERZOG, B. A library and the disciplines: a collaborative project assessing the impact of ebooks and mobile devices on student learning. **The Journal of Academic Librarianship**, v. 40, n. 3, p. 299-306, 2014.

GOOGLE. **Nosso Planeta Mobile**: Brasil. Como entender o usuário de celular. Conteúdo on-line, 2012. Disponível em <<http://goo.gl/R5CyEK>>. Acesso em 17/02/2015.

HARPUR, P.; DE VILLIERS, R. MUUX-E, a framework of criteria for evaluating the usability, user experience and educational features of m-learning environments. **South African Computer Journal**, v. 56, n. 1, p. 1-21, 2015.

HARTSON, H. R.; ANDRE, T. S.; WILLIGES, R. C. Criteria for evaluating usability evaluation methods. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 13, n. 4, p. 373-410, 2001.

HASHEMI, M.; AZIZINEZHAD, M.; NAJAFI, V.; NESARI, A. J. What is Mobile Learning? Challenges and Capabilities. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 30, p. 2477-2481, 2011.

HERMAWATI, S.; LAWSON, G. Establishing usability heuristics for heuristics evaluation in a specific domain: Is there a consensus? **Applied Ergonomics**, v. 56, p. 34-51, 2016.

HEWETT, T., BAECKER, R., CARD, S., CAREY, T., GASEN, J., ...VERPLANK, W. **ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction**. New York: Bill Hefley, 1992.

INOSTROZA, R. RUSU, C.; RONCAGLIOLO, S.; RUSU, V. Usability heuristics for touchscreen-based mobile devices. In: **Ninth International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG)**. IEEE, p. 662-667, 2012a.

INOSTROZA, R. RUSU, C.; RONCAGLIOLO, S.; RUSU, V. Usability heuristics validation through empirical evidences: a touchscreen-based mobile devices proposal. **31st International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)**. IEEE, p. 60-68, 2012b.

INOSTROZA, R. RUSU, C.; RONCAGLIOLO, S.; RUSU, V. Usability heuristics for touchscreen-based mobile devices: update. In: **Proceedings of the 2013 Chilean Conference on Human-Computer Interaction**. ACM, p. 24-29, 2013.

INOSTROZA, R.; RUSU, C. Mapping usability heuristics and design principles for touchscreen-based mobile devices. In: **Proceedings of the 7th Euro American Conference on Telematics and Information Systems**. ACM, p. 27, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PENAD: Acesso à internet e à televisão e posso de telefone móvel celular para uso pessoal.** 2015. Conteúdo on-line. Disponível em: <<http://loja.ibge.gov.br/pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-pnad-2013-acesso-a-internet-e-a-televis-o-e-posse-de.html>>. Acesso em 22/04/2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS. **IDEb: Resultados e Metas.** 2014. Disponível em <<http://goo.gl/9QEVI5>>. Acesso em 05/01/2015.

\_\_\_\_\_. INEP. **Resumo Técnico Censo da Educação Superior de 2012.** 2014. Disponível em <<http://goo.gl/mxC073>> Acesso em 05/01/2015.

JOYCE, G.; LILLEY, M. Towards the development of usability heuristics for native smartphone mobile *applications*. In: **International Conference of Design, User Experience, and Usability**. Springer International Publishing, p. 465-474, 2014.

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**. ACM, p. 31-38, 2008.

KUPARINEN, L.; SILVENNOINEN, J.; ISOMÄKI, H. Introducing usability heuristics for mobile map *applications*. In: **Proceedings of the 26th International Cartographic Conference**. Dresden, Germany, [s.p] 2013.

LEE, K. B. Developing Mobile Collaborative Learning Applications for Mobile Users. **iJIM**, v. 5, n. 4, p. 42-48, 2011.

LEE, K. B.; SALMAN, R. The design and development of mobile collaborative learning *application* using android. **Journal of Information Technology and Application in Education**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2012.

MAGAL-ROYO, T.; PERIS-FAJARNES, G.; MONTAÑANA, I. T.; GARCIA, B. D. Evaluation methods on usability of m-learning environments. In: **iJIM**, v. 1, n. 1, p. 22-25, 2007.

MCAULEY, A.; STEWART, B; SIEMENS, G; CORMIER, D. **The Mooc model for digital practice**. University of Prince Edward Island. Charlottetown: Canada, 2010. Disponível em <<http://goo.gl/thf27y>>. Acesso em 09/09/2015.

MEHLENBACHER, B.; BENNETT, L.; BIRD, T.; IVEY, M.; LUCAS, J.; MORTON, J.; WHITMAN, L. Usable e-learning: A conceptual model for evaluation and design. In: **Proceedings of HCI International 2005: 11th International Conference on Human-Computer Interaction**, p. 1-10, 2005.

NETO, O. M. **Usabilidade da interface de dispositivos móveis: heurísticas e diretrizes para o design**. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação da Universidade de São Paulo, 2013.

NETO, O. M.; PIMENTEL, M. G. Heuristics for the assessment of interfaces of mobile devices. In: **Proceedings of the 19th Brazilian symposium on Multimedia and the web**. ACM, p. 93-96, 2013.

NEWS BRIEF. Mobile Broadband Adoption Soars Worldwide but Lags in Less-

- Developed Countries. **Computer**, v. 46, n. 12, 2013. p. 21-23.
- NIELSEN, J.; BUDIU, E. **Usabilidade Móvel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- NIELSEN, J. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In: **Proceedings of ACM CHI'94 Conference**. Boston, MA, p. 152-158, 1994a.
- NIELSEN, J. Heuristic evaluation. In: NIELSEN, J., MACK, R.L. (Eds.). **Usability Inspection Methods**. New York: John Wiley & Son, 1994b. p. 155-163.
- NIELSEN, J. **Severity Ratings for Usability Problems**. Conteúdo on-line, 1995. Disponível em < <https://www.nngroup.com/articles/how-to-rate-the-severity-of-usability-problems/> >. Acesso em 20/05/2016.
- NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: **Proceedings of ACM CHI'90 Conference**, Seatle, WA, p. 249-256, 1990.
- OMAR, H. M.; YUSOF, Y. H. H. M.; SABRI, N. M. Development and potential analysis of Heuristic Evaluation for Courseware. **Engineering Education (ICEED)**, 2nd International Congress on. IEEE, p. 128-132, 2010.
- OZDAMLI, F.; CAVUS, N. Basic elements and characteristics of mobile learning. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 28, p. 937-942, 2011.
- PRENSKY, M. **Digital natives, digital immigrants: Part 1. On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.
- REEVES, T., BENSON, L., ELLIOTT, D., GRANT, M., HOLSCHUH, D., KIM, B., KIM, H., LAUBER, E., LOH, S. Usability and instructional design heuristics for e-learning evaluation. In: **Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications** AACE, p. 1615-1621, 2002.
- ROGERS, Y.; SHARP, H; PREECE, J. **Interaction Design**: beyond human-computer interaction. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- RUBIN, J.; CHISNELL, D. **Handbook of usability testing**: how to plan, design and conduct effective tests. 2 ed. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc., 2008.
- SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. **Designing the user interface**: strategies for effective human-computer interaction. 4 ed. [S. I.]: Addison Wesley Publishing Co., 2005.
- TULLIS, T.; ALBERT, W.; **Measuring the user experience**: collecting, analyzing, and presenting usability metrics. 2. ed. [S. I.]: Morgam Kaufmann, 2013.
- VÄÄNÄNEN-VAINIO-MATTILA, K.; WÄLJAS, M. Developing an expert evaluation method for user eXperience of cross-platform web services. In: **Proceedings of the 13th International MindTrek Conference**: Everyday Life in the Ubiquitous Era. ACM, p. 162-169, 2009.
- VALENTE, J. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, v. especial, n. 4, pp. 79-97, 2014.
- VINU, P. V.; SHERIMON, P. C.; KRISHNAN, R. Towards pervasive mobile learning—the vision of 21st century. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 15, p.

3067-3073, 2011.

WU, Wen-Hsiung et al. Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 817-827, 2012.

ZAHARIAS, P.; KOUTSABASIS, P. Heuristic evaluation of e-learning courses: a comparative analysis of two e-learning heuristic sets. **Campus-Wide Information Systems**, v. 29, n. 1, p. 45-60, 2011.

ZHANG, D.; ADIPAT, B. Challenges, Methodologies, and Issues in The Usability Testing of Mobile Applications. **International Journal Of Human-Computer Interaction**, v. 18, n. 3, p. 293-308, 2005.

## APÊNDICE A - RESULTADO DA ANÁLISE DE PERCURSO COGNITIVO

A. EdX				
Nº	Descrição do problema	Conte xto	Sever idade	S.O.
1	<i>Ao buscar o curso, o sistema demora tempo suficiente para deixar o usuário confuso sobre a eficácia do comando, e não oferece feedback sobre o problema. No entanto, o resultado da busca é exibido após certo tempo.</i>	1	1	1
2	<i>Ao iniciar a busca, caso o usuário filtre primeiro por “curso em andamento” e posteriormente oferece a informação da busca, o filtro é apagado e, consequentemente, exibe todos os cursos.</i>	1	1	3
3	<i>Na tela de informações do curso, ao clicar no link “ver mais”, o usuário é direcionado para a versão web.</i>	1	3	3
4	<i>Sistema permite que o usuário defina um idioma primário, no entanto, o idioma do sistema continua em inglês.</i>	1	3	3
5	<i>Foi encontrado apenas 1 curso no idioma Português. O sistema não pergunta ao usuário o seu idioma, de modo que tal característica possa ser informada ao usuário já no início.</i>	1	3	3
6	<i>Na tela de recuperar senha, o usuário informa seu e-mail e o sistema não oferece funções para que ele volte à tela anterior a não ser o botão cancelar que não remete à intenção específica.</i>	1	1	3
7	<i>A navegação entre as telas do curso é demasiadamente demorada, no entanto, o sistema exibe informação de carregamento mesmo sem feedback sobre progresso do carregamento.</i>	1	3	3
8	<i>Imagens são exibidas em proporções e tamanho (bytes) inapropriados ao dispositivo, comprometendo a leitabilidade e o carregamento. Percebe-se que se trata do mesmo arquivo disponível na versão web.</i>	3	1	3
9	<i>O sistema não consegue carregar determinadas telas e não se recupera automaticamente. É necessária intervenção do usuário pois uma informação de fluxo de carregamento não termina.</i>	1	3	3
10	<i>O sistema apresenta erros completos de carregamento de determinadas telas e não fornece feedback sobre o erro (ou fornece informação ininteligível), tampouco oportunidade de recuperação.</i>	1	3	2
11	<i>O sistema apresenta erros completos de carregamento de determinadas telas mas fornece feedback sobre o erro, no entanto, sem a oportunidade de recuperação.</i>	3	2	3
12	<i>Vídeos demoram para ser carregados caso não são baixados previamente.</i>	3	3	3
13	<i>Ao ser carregado, o vídeo exibe apenas o áudio.</i>	3	3	1
14	<i>Títulos das páginas são “justificados”, prejudicando a leitura devido a espaçamentos grandes entre palavras.</i>	1	1	3
15	<i>Gráficos e esquemas importantes para a compreensão da aula encontram-se em proporções inapropriadas para leitura.</i>	3	3	1
16	<i>Quando o usuário clica para aumentar a dimensão de uma imagem que não é apresentada apropriadamente, o sistema apresenta erros não completos.</i>	3	3	1
17	<i>Algumas telas do curso não estão disponíveis para dispositivo móvel. O sistema oferece a opção de direcionar o usuário para a versão web.</i>	3	3	3
18	<i>Existem telas do curso que dividem o conteúdo original do curso (texto e vídeo). Essas telas carregam título que não as identificam (“untitled”) e frequentemente exibem erros.</i>	3	3	3
19	<i>Existem caminhos para funções ou telas não disponíveis no app. (Ele deve disponibilizar apenas os recursos disponíveis)</i>	3	1	3

20	<i>O material didático textual não é apresentado em formato apropriado para mobile e não pode ser lido no aplicativo. Um link é exibido para direcionamento via browser ou leitor de pdf.</i>	3	3	3
21	<i>O sistema não possui função que apresenta o progresso do curso. Dessa forma, caso usuário saia do sistema, ao retornar ele precisa saber o ponto exato onde havia parado para retomar a aula.</i>	3	2	3
22	<i>O sistema não possui integração síncrona com a versão web. Dessa forma, ao desempenhar alguma aula no computador e retornar para o dispositivo móvel, essa informação não é registrada no app (salvas submissões no fórum de discussão).</i>	3	3	3
23	<i>Alguns ícones presentes na interface do curso remetem a "botões com links", mas apenas representam a informação textual e não possuem função de comando ativa.</i>	3	1	3
<b>B. Khan Academy</b>				
No	Descrição do problema	Conteúdo	Severidade	S.O
24	<i>Sistema não fornece botão de cadastro no aplicativo. Está disponível o botão "cadastrar" na tela guiada pelo botão "entrar", contudo, se trata de uma inconsistência.</i>	1	3	3
25	<i>Na tela acessada pelo botão "entrar", estão disponíveis os botões para efetuar login pelo Facebook, Google e e-mail. No entanto, o campo disponível para esse último é guiado pelo botão "cadastrar", o que não remete a sua intenção.</i>	1	3	3
26	<i>Os resultados da busca são exibidos em categorias muito específicas a plataforma. Caso o usuário não possua experiência prévia com a versão web, é necessário certo tempo para familiarizar-se.</i>	1	1	3
27	<i>O filtro não possui função de "selecionar tudo" ou "desmarcar tudo". Usuário precisa clicar novamente na categoria que selecionou para desmarcar.</i>	1	1	3
28	<i>Ao exibir o resultado de uma busca o teclado continua ativo, dificultando a interação com a tela. Não existe botão para sair do teclado, é preciso clicar no botão "buscar".</i>	1	2	3
29	<i>Botão para sair da tela e retornar ao estado anterior é inconsistente.</i>	1	2	1
30	<i>O sistema não fornece uma tela que permite acompanhar o progresso do curso ou agrupar os cursos já iniciados. As aulas assistidas são registradas na área "atividade recente".</i>	1	2	3
31	<i>As áreas "atividade recente" e "assuntos recentes" possuem quantidade de registro limitada, o que apaga registros muito antigos.</i>	1	3	3
32	<i>O curso não possui informações sobre a metodologia de ensino referente as aulas/avaliações/interações, rubricas, etc. Dessa forma o aluno não conhece o que é esperado dele desde o início do curso.</i>	2	2	3
33	<i>Ao sair do aplicativo para executar outra atividade no dispositivo móvel o sistema não retorna ao estado anterior.</i>	3	2	3
34	<i>A sensibilidade ao toque não é muito acurada.</i>	1	2	1
35	<i>O conteúdo do vídeo é apresentado de forma a não proporcionar boa leituraabilidade.</i>	1	3	3
36	<i>Mesmo que o idioma dos enunciados está em português, quando o usuário comete um erro em um questionário, uma mensagem aparece parcialmente em inglês. Além disso, o ícone apresentado não representa um erro.</i>	3	2	3
37	<i>O sistema não possui botões de avançar ou retroceder as aulas. É preciso utilizar o botão de voltar à tela anterior e selecionar outra aula.</i>	3	1	3
38	<i>A navegação entre algumas telas do curso é demorada e o sistema não exibe feedback sobre carregamento.</i>	3	1	3

39	<i>Ao inserir uma resposta no exercício, o botão "verificar" não está acoplado a janela pop-up que o esconde eventualmente.</i>	3	1	3
40	<i>Ao inserir uma resposta incorreta o sistema exibe a mensagem "continue tentando", contudo, quando os erros são frequentes o sistema não exibe atalhos ou dicas para guiar o usuário à resposta correta.</i>	3	3	3
41	<i>Na tela que exibe as etapas de um curso, uma cor diferente é conferida aos caminhos já executados pelo usuário. No entanto, eventualmente essa informação não é atualizada.</i>	3	2	3
42	<i>Na tela em que o usuário assiste o vídeo de determinada aula, algumas miniaturas de outros vídeos pertencentes ao curso estão disponíveis aleatoriamente. Talvez podia-se investir em interações mais úteis nessas áreas como botões que estruturassem uma navegação mais hierárquica.</i>	3	2	3
43	<i>Ao realizar uma aula na web o aplicativo não sincroniza tal atividade de imediato mesmo reiniciando-o.</i>	3	3	3

## C. Coursera

No	Descrição do problema	Conte xto	Sever idade	S.O
44	<i>App não permite personalização do idioma, mas essa função pode ser alterada na web e é atualizada na redefinição do aplicativo.</i>	1	1	3
45	<i>O app omite alguns resultados de buscas que são encontrados na versão web.</i>	1	3	3
46	<i>Sistema não apresenta ícones para distinguir entre cursos pagos e gratuitos na busca, o que pode causar frustração no usuário que busca por curso gratuito e só descobre ao explorar a introdução ao curso.</i>	1	2	3
47	<i>Sistema coloca compra de alguns cursos ainda não iniciados parecer obrigatório. Contudo, a compra é referente ao certificado, e o usuário pode escolher por se inscrever em um curso em progresso.</i>	1	2	3
48	<i>A legenda em português de uma aula com idioma original em inglês não corresponde ao áudio.</i>	3	3	3
49	<i>A navegação entre algumas telas do curso é demorada, mas o sistema exibe feedback sobre carregamento.</i>	3	1	1
50	<i>A navegação entre algumas telas do curso é demasiadamente demorada, mas o sistema exibe feedback sobre carregamento.</i>	3	2	2
51	<i>Sistema apresenta erro catastrófico e encerra totalmente sem oferecer feedback sobre o problema.</i>	3	3	1
52	<i>Ao reiniciar o app após fechamento por erro, o sistema não retorna ao estado anterior.</i>	3	2	1
53	<i>Sistema consome níveis demasiados de bateria.</i>	1	2	1
54	<i>Botão de avançar para próxima tela ("next item") não responde à ação.</i>	3	2	1
55	<i>O sistema não fornece tela ou interações que registram progresso das aulas ou atividades realizadas para acompanhamento e organização do aluno.</i>	3	2	3

## D. Redundâncias (problemas comuns aos aplicativos)

No	Descrição do problema	Conte xto	Sever idade	S.O
56	<i>A busca não possui filtro. O sistema não oferece controle ao usuário sobre filtrar por idioma, estágio do curso (iniciado ou em progresso), ou nível (iniciante, intermediário, avançado).</i>	1	2	3
57	<i>Sistema não apresenta tutorial sobre as principais funções para usuários experientes ou quando o app é instalado.</i>	1	2	3

58	<i>O app exibe um número exagerado de notificações quando o aplicativo é utilizado em segundo plano. As mensagens são pouco importantes para o engajamento do aluno no curso ou para estimular a aprendizagem.</i>	1	2	3
59	<i>Na tela de login, o teclado não exibe informações preditivas para campos específicos (ex.: teclas "com" e "@" para campos de e-mail).</i>	1	1	3
60	<i>O app não permite salvar a integralidade das aulas em modo off-line para estudos sem conexão de internet.</i>	3	2	3
61	<i>O aplicativo não oferece opção de personalizar o sistema, e suas configurações são limitadas.</i>	1	1	3
62	<i>O idioma das telas referentes às aulas do curso varia entre inglês e português.</i>	3	3	3

Fonte: desenvolvido pelo autor.

## APÊNDICE B - RESULTADO DO PROCESSO DE CATEGORIZAÇÃO DAS HEURÍSTICAS ESPECÍFICAS AOS DOMÍNIOS MOBILE E E-LEARNING

USER	
Memory and learning agility	
HS1	Ideally, the <i>mobile</i> user should be able to quickly get the crucial information from the system by glancing at it. / Screen content should be easy to read and navigate through notwithstanding different light conditions.
HS2	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.
HS3	Main interfaces should be easy-to-learn whereby next steps are obvious. / A welcome mat displaying the main features and how to interact with the <i>application</i> allows first-time users to get up-and-running quickly, after which they can explore the <i>mobile application</i> at their leisure. / Users should be able to see right away how they can interact with the <i>application</i> and navigate their way to task completion.
HS4	The device should offer visible objects, actions and options in order to prevent users from having to memorize information from one part of the dialog to another. Human short-term memory is limited, so the user should not be forced to remember information from one part of the system to another. / Another critical point is the length of the sequence of steps in order to perform a task. Simple tasks or frequent ones should be short. If the user wants to set an alarm at 4 am, he/she does not expect a 4 steps process.
HS5	The <i>e-learning</i> program makes objects, actions, and options visible so that the user does not have to remember information when navigating from one part of the program to another. / The interface is “user friendly,” given the content of the program and its target audience.
HS7	The <i>e-learning</i> program makes objects, actions, and options visible so that the user does not have to remember information when navigating from one part of the program to another. / The interface is “user friendly,” given the content of the program and its target audience.
HS8	User friendly and attractive tutorials/quizzes.
Language and metaphors	
HS1	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). / The user’s conceptual model of the possible function/interaction with the <i>mobile</i> device or system should be consistent with the context.
HS2	The <i>application</i> must speak the user’s language in a natural and non-invasive manner, so that the user does not feel under pressure. Instructions for performing the functionalities must be clear and objective. 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.
HS3	Use platform conventions and standards that users have come to expect in a <i>mobile application</i> such as the same effects when gestures are used.
HS4	The device should try to be explicit regarding every option and functionality. Considering a small screen size, this could be a big challenge. In this way, icons play a very important role. / Through these new interaction modes (entradas multimodais), the user can perform tasks in amore intuitive way, by mimicking real world interaction rules. As an example, when scrolling down a long list, if the user “swipes” it with certain speed, the list will continue moving, mimicking the effect of inertia. It is expected that every interaction should depict a response similar to that expected in real world. Also, the language (text or icons) should be related to the real world and/or recognizable concepts.

	HS5	The <i>e-learning</i> program's interface employs words, phrases and concepts familiar to the learner or appropriate to the content, as opposed to system-oriented terms. (The <i>e-learning</i> program's interactive design utilizes metaphors that are familiar to the learner or related to the specific content of the program). / When appropriate to the content and target audience, the <i>e-learning</i> program adheres to general <i>software</i> conventions and is consistent in its use of different words, situations, or actions. (a. If appropriate to the content and target audience, the <i>e-learning</i> product adheres to widely recognized standards for <i>software</i> interactions (e.g., going back in a Web browser); b. if the <i>e-learning</i> program does not utilize common <i>software</i> conventions for interactions, the novel interactions are appropriate for the content and target audience; [...]
	HS7	The system should speak the user's language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms. / The user should be treated with respect.
	HS8	Suitable for all races. / Representative the whole community. / Provide specific and self-identified key for specific task (exit, glossary, main, objective).
User control		
	HS2	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.
	HS3	Diverse environments consist of different types of context of use such as poor lighting conditions and high ambient noise are common ailments <i>mobile</i> users have to face every day. Cater for these potential issues, for example by allowing users to change interface brightness and sound settings.
	HS4	Sometimes a small image (an icon) is not enough to describe in detail a function or alike, and in order to fix this, the system should provide additional information on user's demand. / The device should allow the user to undo and redo his/her actions, and provide clearly pointed "emergency exits" to leave unwanted states. These options should be available preferably through a physical button or equivalent. When the user commits a mistake by introducing text, modifying configuration options, or just reaching an undesired state, the system should provide proper "emergency exits". These exits should easily allow the user to go from an undesired state to a desired one. Also, the user should be allowed to undo and redo his/her actions in a simple and intuitive way. On the other hand, the user should also be able to easily manage the applications that are running on the device, and the resources in use. When using the data network, the user should be able to control the amount of data that is being transmitted, and the associated time.
	HS6	Supportiveness for communication, personalization, and access. Provide mechanisms for search by indexing, key or natural language. Allow the possibility to create standard-compliant documents and tests. Facilitate search for documents by a correct and clear specification of keywords. Enable off-line use of platform maintaining tools and learning context.
	HS7	The system should support a user driven approach. Users should be able to easily escape from places they unexpectedly find themselves in.
Flexibility		
	HS1	Allow <i>mobile</i> 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. / <i>Mobile</i> interaction with the system should be comfortable and respectful of social conventions.
	HS2	Most-frequently-used functionalities may be performed by using shortcuts or alternative interactions.
	HS3	The <i>mobile</i> application should allow configuration options and shortcuts to the most important information and frequent tasks, including the ability to configure according to contextual needs.

	HS4	The device should provide basic and advanced configuration options, allow definition and customization of shortcuts to frequent actions. Nowadays, a <i>mobile</i> device is almost an extension of its owner's body. It groups a lot of daily essential functionalities. From this perspective, customization and shortcut creation to these essential functionalities are some of the most frequent actions on a <i>mobile</i> device. Each user has his/her own needs and trying to satisfy all of them with a standard menu or interface can be a challenge. In this way, letting users to create their own shortcuts and customize most parts of the system may help. Through the access to advanced configuration options, expert users can improve their efficiency of use, and new users can get a deeper feel of ownership.
	HS6	Provide adaptation of the graphical aspect to the context of use; maximize personalized access to learning contents; create contextualized bookmarks; allow alternative learning paths; allow different repository modes for lecturers and students; [...] provide a way to choose among different learning paths;
<b>Interface</b>		
<b>Dialogue input</b>		
	HS1	<i>Mobile</i> systems should provide easy ways to input data, possibly reducing or avoiding the need for the user to use both hands.
	HS2	The way the user provides the data can be based on assistive technologies, but the <i>application</i> 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. / All input components should be easily assimilated.
	HS3	<i>Mobile</i> devices are difficult to use from a content input perspective. Ensure users can input content accurately by displaying keyboard buttons that are as large as possible, as well as allowing multimodal input. / Utilize the complex sensors available as much as possible to provide users with a more interesting and stimulating experience.
	HS4	Devices provide different interaction modes; more than just touching the keys on a keyboard. Nowadays, touchscreen-based <i>mobile</i> devices have particular characteristics that allow the user to interact with them in novel ways, such as: (1) Touch screen: it allows direct manipulation of displayed objects using the fingers or stylus. The user can drag, press, pinch, among other gestures. (2) Proximity sensor: used to deactivate the backlight when the user places the device to his/her ear. (3) Accelerometer: it detects variations of the acceleration when moving the device. (4) GPS: it allows determining global position coordinates automatically. / Users should not write text from one part of the system to another; in these devices it is better to select and copy than write.
<b>Dialogue Output</b>		
	HS1	Through the <i>mobile</i> device, the system should always keep users informed 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. / <i>Mobile</i> computing error messages should be plain and precise.
	HS2	Feedback must be easily identified and understood, so that the user is aware of the system status. The feedback must have good tone and be positive and may not be redundant or obvious.
	HS3	Ensure the <i>mobile application</i> user is informed of the <i>application</i> status immediately and as long as is necessary.
	HS4	The device should keep the user informed about all the processes and state changes through feedback and in a reasonable time. Through the interaction with the device, the user should be able to perform different tasks. These actions could lead to a state change of the system, which should be communicated to the user in some way. Also, there are other events that are not triggered by user interaction, but they require later response, i.e.,: phone calls, video calls, text message reception, clock alarm, low battery notification, among others.
	HS5	The <i>e-learning</i> program keeps the learner informed about what is happening, through appropriate feedback within reasonable time. a. When the modules and other components of the <i>e-learning</i> (e.g., streaming video) are been loaded/downloaded, the status of the loading/downloading process is communicated clearly. b. The user is provided with information that indicates that the <i>e-learning</i> program is operating correctly.

	HS6	Clearly and constantly indicate system state.
	HS7	The system should always keep user informed about what is going on, through <i>appropriate feedback</i> within reasonable time.
Dialogue interaction techniques		
Aesthetics and organization	HS1	Since screen real estate is a scarce resource, use it with parsimony. Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. / Take aesthetic and emotional aspects of the <i>mobile</i> device and system use into account.
	HS2	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 <i>appear</i> on the screen. Interfaces must not be overwhelmed with a large number of items. / The elements on the screen must be adequately aligned and contrasted.
	HS3	Main interfaces should be focused on one task, be simple to the point of only having the absolute necessary elements to complete that task, which will allow access to vital information, once users are <i>mobile</i> and therefore often interrupted in the real world. They also should be attractive and memorable.
	HS4	The information should be displayed clearly, trying to avoid long dialog sequences. / The device should avoid displaying unwanted information overloading the screen. For devices with an old release date, each information unit displayed in a small screen involves lower performance. Designers should be careful when displaying information through the screen. Also, overloaded interfaces may produce stress to the user.
	HS5	The font choices, colors, and sizes are consistent with good screen design recommendations for <i>e-learning</i> programs. / The <i>e-learning</i> program utilizes white space and other screen design conventions <i>appropriately</i> . / The <i>e-learning</i> program follows good information presentation <i>guidelines</i> for organization and layout.
	HS6	Maintain UCD (User Centered Design) attributes for interface graphical aspects; stimulate learning without distraction; clearly visualize options and commands available; Introduce noninvasive scaffolding to avoid distraction of the learner.
	HS7	The design should be aesthetically pleasing with artistic as well as functional value. / Focus: The system technology should 'blend into the background' and allow the users to focus solely on learning. / The user's interactions with the system should enhance the quality of their work.
	HS8	Uses aesthetic and minimalist design. / The integration of presentation means is well coordinated. The uses of space, color and text are according to the principles of screen design. / The uses of text, color and font follow the principles of readability.
Interface consistency	HS2	The <i>application</i> 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 <i>application</i> , to avoid misunderstanding.
	HS3	Use a theme for the <i>mobile application</i> to ensure different screens look alike. Also create a style guide from which words, phrases and concepts familiar to the user will be <i>applied</i> consistently throughout the interface, using a natural and logical order.
	HS4	The device should follow the established conventions, allowing the user to do things in a familiar, standard and consistent way. Many times, different parts of the system that are related and should be similar have different design or logic. In general, every concept presented in a contrasting way to the user's conception of the concept produces confusion in some degree. This confusion might lead to a decreasing efficiency of use or a low satisfaction, among other side effects. It is expected that the system should follow standards and conventions in order to achieve an intuitive and easy-to-use interface. Standards and conventions may be followed in three different dimensions: (1) From one part of the system to another, e.g., scrolling down lists of elements. (2) From one device to another of the same manufacturer (or related), e.g., pressing the power button once, the user can select a different sound profile (Nokia devices). (3) From one device to another with the same Operating System, e.g., every Android device has a "back" and a "home" button. Also, the system should be consistent in terms like: language, iconography, sounds, interaction, and so on. Same things should be the same.

	HS5	[...] c. the program maintains an <i>appropriate</i> level of consistency in its design from one part of the program to another.)
	HS7	The ways of performing similar actions should be consistent throughout the system.
	HS8	Maximizes consistency and matches standards. / Navigation is easy and accurate.
Animations and transitions	HS1	Enable the <i>mobile</i> user to interpret correctly the information provided, by making it <i>appear</i> 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.
	HS2	The main features of the <i>application</i> must be easily found by the user, preferably in a single interaction. No functionality should be hard to find in the <i>application</i> interface. / [...] The information of the interface must be clear and sufficient for the user to complete the current task.
	HS4	When talking about <i>mobile</i> devices, the limited display size puts designers in a rough position regarding which elements of the interface should be hidden or minimized. In this way, it is important that sensitive information should be placed in a visible spot.
	HS5	Screen displays do not contain information that is irrelevant, and “bells and whistles” are not gratuitously added to the <i>e-learning</i> program. / The most important information on the screen is placed in the areas most likely to attract attention. / Wherever possible, the <i>e-learning</i> program utilizes real-world conventions that make information <i>appear</i> in a natural and logical order.
	HS7	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.
	HS4	The animations, effects and transitions should be displayed fluidly with no interruptions. / Animations and transitions should be displayed smoothly.
	HS8	The interactivity of the courseware is suitable to learners/students level.
Help and documentation		
	HS3	The <i>application</i> 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.
	HS4	The instruction on how to use the system should be visible or easy to get; complex instructions should be simplified. / The device should provide easy-to-find documentation and help, centered on the user's current task and indicating concrete steps to follow. The device should provide access to detailed information about the available functionalities in a clear and simple way, from any part or state of the system where the user is located.
	HS5	The <i>e-learning</i> program provides help and documentation that is readily accessible to the user when necessary. The help provides specific concrete steps for the user to follow. All documentation is written clearly and succinctly. (Help is provided that is screen or context specific. Help or documentation is available from any logical part of the <i>e-learning</i> program. Help or documentation is written clearly.) / The interface of the <i>e-learning</i> program speaks for itself so that extensive consultation of a manual or other documentation does not interfere with learning. / The <i>e-learning</i> program provides user-friendly hints and/or clear directions when the learner requests assistance.
	HS6	Provide support for the preparation of the multimedia material; provide support for novice learners; design help and scaffolding carefully;
	HS7	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. / The system should provide support for the user in their learning.
SYSTEM		
Effectiveness		

	HS4	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. The processing power of most touchscreen-based <i>mobile</i> devices has increased exponentially in past years, even having devices with four (or more) processors. The match between <i>hardware</i> capabilities and <i>software</i> needs is not always the best. It is expected for basic <i>software</i> to be compatible with the <i>hardware</i> , especially with processing capabilities, in order to prevent black screens and long waiting times.
	HS7	The tasks required by the user should be able to be completed in the least amount of time, without time being wasted by technology. / 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.
<b>Updates</b>		
	HS6	Update content consistently; automatically update students' progress tracking;
	HS7	Updates should be available to the user on a regular basis.
<b>Error prevention</b>		
	HS1	Shield <i>mobile</i> users from errors. / Ensure the <i>mobile</i> application is error-proofed as much as is possible.
	HS2	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. / Local refreshments on the screen must be preferred over global ones, because those ones maintain the status of the interaction.
	HS4	The user should be warned, especially when some actions might have undesired effects. The potentially dangerous options should be placed in deeper menu levels (therefore, assigning a physical button to one of these options is not recommended). / Complex tasks, potentially dangerous ones or non-frequent ones might contain several steps as security reinforcement.
	HS5	The <i>e-learning</i> program is designed to prevent common problems from occurring in the first place. a. The program is designed so that the learner recognizes when he/she has made a mistake related to input rather than content. b. The- <i>learning</i> program is designed to provide a second chance when unexpected input is received (e.g., "You typed "bat" in response to the question. Did you mean "tab"?")
	HS6	Introduce mechanisms to prevent usage errors.
	HS7	Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place.
<b>Recovery ability</b>		
	HS1	When an error occurs, help users to recognize, to diagnose, if possible to recover from the error. / If there is no solution to the error or if the error would have negligible effect, enable the user to gracefully cope with the error. / Constructively suggest a solution (which could also include hints, appropriate FAQs, etc). / Should an error occur, let the user know what the error is in a way they will understand, and offer advice in how they might fix the error or otherwise proceed.
	HS2	When an error occurs, the <i>application</i> should quickly warn the user and return to the last stable state of the <i>application</i> . 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.
	HS4	The user needs clear feedback messages, in a recognizable language, with instructions on how to recover from the error. / 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. When an error occurs, the user does not need technicalities or cryptic alert messages.
	HS5	The <i>e-learning</i> program allows the learner to recover from input mistakes and provides a clearly marked "exit" to leave the program without having to go through an extended dialogue. / (The <i>e-learning</i> program distinguishes between input errors and cognitive errors, allowing easy recovery from the former and from the latter when it is pedagogically appropriate. The program allows the learner to leave whenever desired, but easily returns to the closest logical point in the program.)

Security	
	HS1 Since <i>mobile</i> 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. / Make sure that user's data are kept private and safe.
	HS7 The system should help the user to protect personal or private information.
COURSE	
Multimedia and tools	
	HS5 The <i>e-learning</i> program provides content-related interactions and tasks that support meaningful learning. (The <i>e-learning</i> program provides meaningful interactions for the user, rather than simply presenting long sections of text. / The <i>e-learning</i> engages the learner in content-specific tasks to complete and problems to solve that take advantage of the state-of-the-art of <i>e-learning</i> capabilities/)
	HS6 Provide authoring tools to facilitate documents updating and assessment tests editing. Provide specific learning domain tools. Use specific communication media for each subject and learning goal. Provide means to choose and control media options. Use hypertextual and hypermedial links carefully. Insert learning domain tools. Design reliable testing tools. Provide mechanisms to manage user's profiles. insert easy to use platform tools. Maximize adaptation of technology to the context of use. Provide easy-to-use authoring tools; manage reports about attendance and usage of a course; allow use of learning tools even when not scheduled; insert mechanisms to make annotations; provide mechanisms to integrate the didactic material. / Provide tools to immerse the learner in the learning domain context; provide mechanisms for teaching-through-errors.
	HS8 The quality of multimedia elements (text, image, animation, video and sound) used is acceptable. / The uses of multimedia elements enhance the presentation of information. / The use of multimedia elements support meaningfully the text provided. / Can be used as self-directed learning tools. / Medium for learning by doing.
Content and materials	
	HS5 The <i>e-learning</i> program provides access to all the resources necessary to support effective learning. / (The <i>e-learning</i> program provides access to a range of resources (e.g., examples or real data archives) appropriate to the learning context. / If the <i>e-learning</i> program includes links to external World Wide Web or Intranet resources, the links are kept up to-date. /Resources are provided in a manner that replicates as closely as possible their availability and use in the real world.)
	HS6 Allow repository access to both lecturer and student; reuse and integrate learning material; register the date of last modification of documents to facilitate updating; use document formats not requiring specific plug-ins;
	HS7 Unique to the online medium: The system should provide benefits to users that enhance their learning ability compared to what they could achieve with print based learning material.
	HS8 The design and the contents are reliable and proven. / Reliable content with correct flow. / Supporting materials are sufficient and relevant. / Materials are interesting and engaging.
Structure	
	HS5 The <i>e-learning</i> program includes a map or table of contents that allows the learner to see what has been seen and not seen.
	HS6 Provide a clear default learning path. Highlight high priority subjects; highlight hierarchical structure of course subjects; clearly visualize progress tracking; clearly visualize course structure; highlight cross-references by state and course maps to facilitate topic links. / [...] enable to define a clear learning path; allow to define alternative learning paths [...]. Attenuate scaffolding correctly (if attenuation is lecturer-driven).
	HS8 Clear and understandable structure of contents.
Interconnectivity	
	HS5 The <i>e-learning</i> program provides learners with opportunities to access extended feedback from instructors, experts, peers, or others through e-mail or other Internet communications.

	HS6	Supply different media channels for communication; use communication channels optimally; Provide both synchronous and asynchronous communication tools; provide communication mechanisms to both students and lecturers;
	HS7	The system should provide ease of communication for multiple users without colliding with the activities of others.
<b>PEDACOGIC</b>		
<b>Approach</b>		
	HS8	Clear goal and learning objectives. / Offers the ability to select the level of difficulty. / Ability to work in their own pace. / Performance should be an outcome-based. / The activities are interesting and engaging. / Adaptation of moral values. / Considers the individual differences. / Stimulate critical thinking of student. / Bring out learners outstanding.
<b>Assessment</b>		
	HS5	The <i>e-learning</i> program provides assessment opportunities that are aligned with the program objectives and content. (If appropriate to the content, the <i>e-learning</i> program provides opportunities for self-assessments that advance learner achievement. // Wherever appropriate, higher order assessments (e.g., analysis, synthesis, and evaluation) are provided rather than lower order assessments (e.g., recall and recognition).
	HS6	insert assessment tests in various forms; [...] Introduce assessment tests on demand;
	HS8	Support for self-learning skills. / Sufficient and challenging tutorials/quizzes.
<b>Feedback</b>		
	HS5	If appropriate to the content, assessments provide sufficient feedback to the learner to provide remedial directions. / The <i>e-learning</i> program provides feedback that is contextual and relevant to the problem or task in which the learner is engaged. (The feedback is given at any specific time tailored to the content being studied, problem being solved, or task being completed by the learner. / Feedback provides the learner with information concerning his/her current level of achievement within the program.)
	HS6	Introduce mechanism to highlight errors and cues to avoid errors; provide support for assessment test.
	HS8	Correct and fast feedbacks.
<b>SHORTCOMINGS</b>		
	HS1	<i>Mobile</i> devices should be easy and comfortable to hold/carry along as well as robust to damage (from environmental agents). /
	HS3	An icon for a <i>mobile</i> application should be aesthetic and identifiable as this is what a user sees when searching the device interface for the <i>application</i> they wish to launch and when scanning through <i>app</i> stores it will be the first item they before the <i>application</i> title, description and screen shots.
	HS4	Visibility of system status: Some of the most common existing specific feedback types on <i>mobile</i> devices are: (1) Sound: (1.a) call ringtone, (1.b) message tone, (1.c) email tone, (1.d) low battery tone, (1.e) camera shutter tone; these sounds should be recognizable by the user (by default, according to conventions) and customizable. (2) Lights: (2.a) under the buttons, (2.b) notification lights, (2.c) camera led flash. (3) Graphic information: (3.a) static icons, (3.b) animated icons, (3.c) text notifications, (3.d) alert messages (i.e.: push messages with distinctive icon(s) and text), (3.e) error messages (same structure as alert messages but different icon(s) and text). (4) Vibration. / Error prevention: On the other hand, on the physical aspect, the device should assure correct functioning. Actions like removing the battery pack, SIM card or memory card might abruptly stop the device and lose non-saved data. From this point of view, these actions should have some degree of security in order to avoid involuntary side effects. / Physical interaction and ergonomics: The device should provide physical buttons or the equivalent for main functionalities, located in positions recognizable by the user, which should fit the natural posture (and reach) of the user's dominant hand. <i>Mobile</i> devices are designed as hand-held devices. From this point of view, ergonomics and comfort play a very important role in the interaction between user and device. Any product that does not have a shape, weight, dimensions or buttons' position

	matching the normal posture of the palm might produce exhaustion. Buttons should be placed in positions recognizable by the user based on his/her experience with other similar devices, e.g., the camera shutter button is often placed in the top-right corner of the device in landscape mode. On the other hand, main functionalities should have assigned a physical button or the equivalent. Some examples of these functionalities are: power on/off, answer/end a phone call, volume control, camera shutter, lock/unlock device, open/close <i>applications</i> menu, go-back and go-home. These buttons should be labeled clearly and should not be assigned to a large number of different functionalities.
HS6	Provide blended-learning simulations.
HS7	The system should be accessible from anywhere. The system is portable and reusable for the user.

Fonte: desenvolvido pelo autor.

## APÊNDICE C - PRIMEIRA PROPOSTA DO CONJUNTO DE HEURÍSTICAS UHMOL

USUÁRIO	
<b>1 Cognição</b>	<p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve fornecer um padrão de interface no qual a carga de memória do usuário seja significativamente minimizada e a capacidade de aprendizagem do usuário seja potencializada.</p>
	<p>O padrão de interface deve fornecer tarefas fáceis e intuitivas. Portanto, ações simples ou mais freqüentes não devem exigir muitas etapas. Além disso, módulos principais da interface como objetos, ações, opções, cores, textos, etc., devem ser legíveis e/ou facilmente detectáveis. É aconselhável exibir um tutorial durante a primeira utilização do aplicativo <i>m-learning</i>, a fim de tornar os usuários novatos familiarizados com os principais recursos do aplicativo e as formas comuns de uso. Da mesma forma, os usuários experientes devem poder ignorar, definitivamente esconder ou acessá-lo sempre que necessário.</p>
<b>2 Comunicação</b>	<p><b>2.1 Linguagem</b></p> <p>Ao invés de usar termos técnicos ou orientados para o sistema, a aplicação deve "falar" idioma familiar ao contexto e ao nível do usuário de forma natural e não invasiva. A comunicação em telas específicas para alunos deve considerar nível de aprendizagem e o assunto em estudo.</p>
	<p>A comunicação da interface deve ser adequada ao usuário e não pode gerar ambigüidades ou obviedades. Além disso, a linguagem deve ser respeitosa, adequada à diversidade e representar toda a comunidade.</p>
<b>2.2 Metáforas</b>	<p>As metáforas utilizadas na interface <i>m-learning</i> (em ícones, botões, diálogos, ações, etc.) devem representar exatamente aquilo que o usuário-alvo espera. Portanto, elas devem imitar convenções do mundo real e, de preferência, aderir a padrões de representação amplamente estabelecidos.</p>
	<p>Idealmente, as representações no aplicativo <i>m-learning</i> devem seguir convenções amplamente reconhecidas de interação com dispositivos móveis, no entanto, caso padrões de representação alternativos sejam aplicados, eles devem ser apropriados para o público-alvo e ao conteúdo do assunto em estudo.</p>
<b>3 Autonomia</b>	<p><b>3.1 Controle</b></p> <p>O aplicativo <i>m-learning</i> deve suportar uma abordagem orientada aos usuários, ou seja, os usuários devem possuir o controle necessário ao sucesso de suas necessidades.</p>
	<p>O usuário <i>m-learning</i> pode ter diferentes necessidades de interação com a interface diferentes daquelas esperadas ou do modelo linear proposto, especialmente devido à condição de mobilidade em que a interferência de fatores ambientais ou contextuais é freqüente. Controle, portanto, tem a ver com o nível de liberdade ou com a qualidade dos meios fornecidos para permitir que a tarefa seja desempenhada de acordo com os desejos do usuário.</p>

<p><b>3.2 Flexibilidade</b></p> <p>Os usuários devem ser capazes de adaptar seu acesso às ações ou conteúdos mais importantes e freqüentes, personalizar o aplicativo de acordo com necessidades contextuais e criar atalhos/marcadores de recursos ou telas.</p>
<p>Além disso, o <i>m-learning</i> pode sugerir uma interface personalizada com base na previsão do perfil e das necessidades do usuário. Do mesmo modo, é importante que o sistema diferencie entre necessidades específicas dos alunos e dos professores, e permita caminhos de aprendizagem alternativos. A fim de reduzir gastos excessivos com o uso de internet móvel, a utilização off-line pode ser oferecida.</p>
<p style="text-align: center;"><b>INTERFACE</b></p>
<p><b>4 Diálogos de entrada</b></p> <p>O aplicativo <i>m-learning</i> pode fazer uso de diferentes tecnologias para entrada de dados pelo usuário, disponíveis em dispositivos móveis. Independentemente da tecnologia implementada, é um requisito que o usuário possa inserir com precisão e eficiência os dados necessários e/ou desejados.</p>
<p>Tecnologias alternativas para inserção de dados, tais como <i>voiceover</i>, biometria, sensores de proximidade, acelerômetro, GPS, etc., podem melhorar a eficiência e enriquecer a experiência de aprendizagem, caso estejam orientados aos objetivos de ensino. No que diz respeito à tela sensível ao toque (teclado virtual e comandos), a interface deve exibir botões suficientemente grandes e, de preferência, permitir o uso com apenas uma mão.</p>
<p><b>5 Diálogos de saída</b></p> <p>O <i>m-learning</i> deve fornecer ao usuário informações apropriadas a respeito do estado do sistema ou mudanças de estado. Independentemente da natureza da informação fornecida, o diálogo deve ser preciso sobre o estado/problema através de linguagem otimista.</p>
<p>O usuário deve notar ou ser informado de que o aplicativo <i>m-learning</i>, a interface ou o módulo está funcionando corretamente. Ao enfrentar mudanças de estado (como por exemplo fluxo de vídeo ou carregamento de conteúdo), o usuário deve ser imediatamente comunicado.</p>
<p><b>6 Diálogos de interação</b></p> <p><b>6.1 Estética e organização</b></p> <p>É fundamental que a interface <i>m-learning</i> seja esteticamente agradável, e possua design minimalista e apelo emocional. Devido ao fato de a tela móvel ser um espaço escasso, cada tela da interface deve fornecer apenas a informação absoluta e necessária e ser focada em apenas uma tarefa. Também é um requisito de que a interface priorize foco e aprendizagem, e potencialize o desempenho dos estudantes.</p>
<p>De modo a aproveitar espaços, a interface deve possuir margens reduzidas, uma pequena quantidade de itens e elementos bem contrastados e alinhados. Componentes relacionados devem ser aninhados e todas as informações devem ser aplicadas em plano de fundo claro para evitar distração nos alunos. As escolhas de fontes, cores e tamanhos devem considerar a legibilidade.</p>
<p><b>6.2 Consistência da interface</b></p> <p>A interface <i>m-learning</i> e seu modelo conceitual devem ser familiares aos usuários-alvo e manter um nível adequado de consistência padrão ao longo do aplicativo.</p>

A adoção de convenções amplamente reconhecidas para interação móvel é fortemente aconselhável. Além disso, é um requisito que os componentes principais sejam mantidos no mesmo local em cada tela; ações semelhantes sejam realizadas por interações similares; a metáfora de cada comando seja única ao longo da aplicação. O aplicativo deve ser consistente em termos de linguagem, iconografia, cores e sons. O padrão fornecido não deve variar ao longo da interface e entre diferentes versões do aplicativo *m-learning* desenvolvidas para diferentes dispositivos do mesmo fabricante e Sistema Operacional.

### 6.3 Hierarquia da informação

Todas as informações apresentadas na interface *m-learning* devem ser organizadas de forma natural e lógica. O usuário deve ser surpreido com informações absolutamente suficientes e necessárias para completar a tarefa proposta de forma eficiente.

Devido à tela reduzida dos dispositivos móveis, informações essenciais devem ser colocadas em áreas mais propensas a atrair a atenção, e a organização da interface deve priorizar que as tarefas sejam realizadas em uma única interação. Além disso, informações irrelevantes ou desnecessárias não devem ser exibidas.

### 6.4 Animações e transições

Os elementos interativos (animações, efeitos, transições, etc.) presentes na interface *m-learning* devem ser adequados ao nível e às necessidades do usuário, potencializar a aprendizagem, e ser exibidos de forma fluida e ininterrupta.

A escolha de técnicas de interação deve ser embasada no bom desempenho do sistema, na produtividade do usuário, em apelos emocional e estético, e em metáforas adequadas.

## 7 Ajuda e documentação

O aplicativo *m-learning* deve fornecer, de qualquer parte ou estado do sistema, um centro de documentação acessível e baseado em contexto, que inclua funções disponíveis e/ou instruções sobre como resolver problemas potenciais.

A assistência deve ser clara e objetiva, e instruções complexas devem ser simplificadas para o entendimento do usuário. De maneira ideal, a ajuda deve ser orientada à tela ou ao contexto, ou seja, centrada na tarefa atual do usuário. O aplicativo deve também assistir as necessidades específicas de tutores (como suporte para material e preparação de conteúdo).

## SISTEMA

## 8 Eficiência

Os usuários devem ser capazes de completar com sucesso suas tarefas no menor período possível de tempo. Da mesma forma, o sistema deve ser eficiente o suficiente para ajudar os alunos a alcançar seus requisitos de aprendizagem.

De modo a evitar desperdício de tempo geralmente relacionado à tecnologia, as características do aplicativo *m-learning* devem combinar as capacidades do *hardware* e do sistema operacional do dispositivo móvel. Além disso, o aplicativo deve minimizar gastos de bateria e memória local do dispositivo móvel.

## 9 Atualização

O aplicativo *m-learning* deve atualizar constantemente e automaticamente informações vitais para o aluno, como conteúdo e progresso de aprendizagem. De maneira similar, caso o aplicativo também possua uma versão *e-learning*, espera-se que as informações atualizadas estejam disponíveis ao usuário na migração de plataforma.

Ao avançar para outra aula ou marcar a atual como concluída, o aplicativo deve atualizar e fornecer esta informação imediatamente ao longo das telas da interface. Caso o aluno decida utilizar a versão *e-learning* do curso, ele deve encontrar o mesmo progresso disponível no aplicativo *m-learning*.

## 10 Prevenção de erros

Erros no aplicativo *m-learning* podem ser causados pelo sistema, quando ele não funciona como esperado, e pelo usuário, que podem ser relacionados à cognição, à entrada de dados ou ao conteúdo. Nesse sentido, o *m-learning* deve possuir tanto mecanismos para evitar sua ocorrência quanto a capacidade de distinguir sua natureza.

Algumas práticas comuns devem ser adotadas para evitar a ocorrência de erros, tais como: 1) erro do sistema: atualizações locais são preferíveis ao invés de globais; 2) erro cognitivo: comandos perigosos podem ser colocados em níveis de menu mais profundos, tarefas complexas (potencialmente perigosas ou infreqüentes) podem conter várias etapas, além disso, o sistema pode antecipar um erro com base em um erro já realizado 3) erro de entrada de dados: fornecer informações claras a respeito de dados necessários; 4) erro de conteúdo: conforme apresentado na heurística 19.

## 11 Recuperação

Diante de um erro inevitável, o aplicativo *m-learning* deve avisar o usuário imediatamente de forma clara e compreensível, e fornecer meios adequados para permitir que os usuários retornem a um estado desejável.

Dependendo da natureza do erro, diferentes soluções são necessárias. 1) erro do sistema: o sistema deve retornar rapidamente ao último estado estável ou ao ponto lógico mais próximo da aplicação; 2) erro cognitivo: os diálogos devem orientar o usuário através de soluções práticas; 3) erro de entrada de dados: sempre que a previsão do erro for possível, sugira soluções viáveis de correção (por exemplo: "você digitou 'são' em resposta à pergunta. Você queria dizer 'cão'?"); 4) erro de conteúdo: conforme apresentado na heurística 19.

## 12 Segurança

Dispositivos móveis possuem alta probabilidade de serem perdidos, portanto, o aplicativo *m-learning* deve fornecer formas de proteger dados pessoais ou privados.

Métodos para proteção de dados podem variar como solicitação de senha e criptografia de dados, desde que forneçam ao usuário segurança adequada.

## CURSO

## 13 Multimídia e ferramentas

Elementos multimídia e ferramentas fornecidos aos alunos devem ser específicos ao domínio de aprendizagem e adequados o suficiente para gerar aprendizado significativo. De forma similar, os tutores devem ter à disposição ferramentas de autoria exclusivas e restritas, capazes de facilitar o gerenciamento de suas atividades específicas.

É necessário que a escolha e as características dos recursos disponíveis aos estudantes considerem as habilidades dos usuários, o assunto em estudo, a abordagem pedagógica e os objetivos de aprendizagem. Como exemplos, pode-se fornecer meios para escolher e controlar opções de mídia, realizar anotações, integrar o material didático, e promover aprendizagem prática e auto-aprendizagem. Por outro lado, as ferramentas específicas aos tutores devem auxilia-los em suas necessidades reais, como realizar upload de documentos, criação/edição de testes de avaliação, gerenciamento de freqüência e progresso do curso, etc.

#### 14 Conteúdo e materiais

O *m-learning* deve fornecer conteúdos e materiais interessantes e atualizados, capazes de auxiliar os alunos a alcançar seus objetivos de aprendizagem, e vantajosos o suficiente para justificar seu uso na mídia virtual em comparação com as impressas. Além disso, o conteúdo e os materiais devem ser suficientes, relevantes, confiáveis, e manter um fluxo lógico.

Idealmente, o *m-learning* não deve exigir aplicativos externos específicos para acesso de conteúdo e materiais. Sugere-se que o aplicativo forneça diferentes tipos de recursos, como exemplos, textos, ilustrações, gráficos, vídeos, etc. Eles devem replicar o máximo possível sua disponibilidade no mundo real. Caso recursos externos de aprendizagem sejam utilizados, os links devem ser mantidos atualizados.

#### 15 Estrutura

O aluno deve conhecer a estrutura hierárquica do curso e, sempre que adequado, os assuntos de alta relevância. Portanto, um caminho de aprendizagem padrão e fácil de ser acessado deve ser fornecido ao aluno.

Espera-se que o aplicativo *m-learning* possua um mapa ou tabela de conteúdo do curso de fácil acesso. Também é importante que o aplicativo seja capaz de rastrear o progresso de aprendizagem e constantemente fornecer tal informação ao aluno. Da mesma forma, tais características devem se aplicar a caminhos de aprendizagem alternativos.

#### 16 Interconectividade

O aplicativo *m-learning* deve fornecer diferentes canais que garantam a capacidade de comunicação síncrona e assíncrona entre alunos, instrutores, pares e outros participantes do processo de aprendizagem.

Ferramentas para comunicação englobam fóruns de discussão, *chats*, troca de mensagens, conferências de vídeo e/ou áudio, etc. Estes podem ser fornecidos de diversas maneiras para uma variedade de propósitos, como por exemplo, pode-se haver um canal de trocas de mensagem para conectar de maneira privada estudantes e tutores a respeito de questões genéricas; da mesma forma, um fórum de discussão aberto para cada assunto pode estimular discussões relacionadas a tópicos específicos.

### PEDAGÓGICO

#### 17 Abordagem

A abordagem pedagógica, ou seja, as formas disponíveis para que os alunos alcancem os objetivos de aprendizagem, devem atender às características e necessidades específicas de um curso de *m-learning*.

Abordagens pedagógicas comuns em aplicativos *m-learning* exigem, por exemplo, que os alunos tenham a capacidade de trabalhar em seu próprio ritmo, o desempenho seja baseado em resultados, as atividades sejam interessantes e envolventes, haja adaptação de valores morais, características individuais sejam consideradas, o pensamento crítico seja estimulado, a aprendizagem seja significativa, etc.

#### 18 Avaliação

O aplicativo *m-learning* deve fornecer oportunidades de avaliação suficientes, desafiadoras e adequadas aos objetivos e conteúdo de aprendizagem. É importante que as avaliações sejam oferecidas em diferentes formatos e de preferência desenvolvidas sob demanda.

Normalmente, as atividades de avaliação através de aprendizagem autônoma são mais adequadas para cursos *m-learning* devido a sua eficiência em abranger um grande número de alunos sem a necessidade de mediação para correção. Sempre que apropriado, devem ser oferecidas avaliações de ordem superior (ex: análise, síntese e exame), em vez de apenas avaliações de ordem inferior (ex: reconhecimento e lembrança de informações).

**19 Feedback**

Sempre que adequado para o processo de aprendizagem, o aluno deve receber feedback contextual, preciso e relevante a respeito do assunto em estudo. Normalmente, o feedback é oferecido logo após as tarefas de avaliação da aprendizagem, através de explicações e estímulos capazes enriquecer o processo.

Em face de uma resposta correta do aluno, o aplicativo *m-learning* pode, por exemplo, enfatizar o sucesso e fornecer informações contextuais adicionais. Por outro lado, diante de respostas incorretas, o sistema pode oferecer estímulos (como uma dica) capazes de guiar o aluno para uma resposta correta, utilizando-se de aprendizagem a partir de erros.

Fonte: Desenvolvido pelo autor

## ANEXO A - HEURÍSTICAS PARA COMPUTAÇÃO MÓVEL

Nº	Heuristic	Description
1	Visibility of system status and losability/findability of the <i>mobile</i> device	Through the <i>mobile</i> device, the system should always keep users informed 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 <i>mobile</i> 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.
2	Match between system and the real world	Enable the <i>mobile</i> 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.
3	Consistency and mapping	The user's conceptual model of the possible function/interaction with the <i>mobile</i> 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).
4	Good ergonomics and minimalist design	<i>Mobile</i> 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.
5	Ease of input, screen readability and glancability	<i>Mobile</i> 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 <i>mobile</i> user should be able to quickly get the crucial information from the system by glancing at it.
6	Flexibility, efficiency of use and personalization	Allow <i>mobile</i> 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.
7	Aesthetic, privacy and social conventions	Take aesthetic and emotional aspects of the <i>mobile</i> device and system use into account. Make sure that user's data are kept private and safe. <i>Mobile</i> interaction with the system should be comfortable and respectful of social conventions.
8	Realistic error management	Shield <i>mobile</i> users from errors. When an error occurs, help users to recognize, to diagnose, if possible to recover from the error. <i>Mobile</i> 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 gracefully cope with the error.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Bertini et al. (2006).

## ANEXO B - HEURÍSTICAS PARA INTERFACES DE DISPOSITIVOS MÓVEIS

Nº	Heurística	Descrição
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.
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.
3	Visibility and ease 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.
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.
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. Instructions for performing the functionalities must be clear and objective.
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 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.
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.
8	Ease 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.
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.
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.
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.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Neto e Pimentel (2013).

## ANEXO C - HEURÍSTICAS PARA APLICATIVOS NATIVOS DE SMARTPHONES

Nº	Heurística	Descrição
1	Provide immediate notification of application status	Ensure the <i>mobile</i> application user is informed of the application status immediately and as long as is necessary.
2	Use a theme and consistent terms, as well as conventions and standards familiar to the user	Use a theme for the <i>mobile</i> application to ensure different screens look alike. Also create a style guide from which words, phrases and concepts familiar to the user will be <i>applied</i> consistently throughout the interface, using a natural and logical order. Use platform conventions and standards that users have come to expect in a <i>mobile</i> application such as the same effects when gestures are used.
3	Prevent errors where possible; Assist users should an error occur	Ensure the <i>mobile</i> application is error-proofed as much as is possible. Should an error occur, let the user know what the error is in a way they will understand, and offer advice in how they might fix the error or otherwise proceed.
4	Use a welcome mat for first-time users	A welcome mat displaying the main features and how to interact with the application allows first-time users to get up-and-running quickly, after which they can explore the <i>mobile</i> application at their leisure.
5	Employ a simplistic, focused, glanceable, visually pleasing, intuitive interface	Main interfaces should be easy-to-learn whereby next steps are obvious, focused on one task, be simple to the point of only having the absolute necessary elements to complete that task which will allow access to vital information while users are interrupted frequently and are themselves <i>mobile</i> , yet the interface should still be attractive and memorable.
6	Design a clear navigable path to task completion	Users should be able to see right away how they can interact with the application and navigate their way to task completion.
7	Allow configuration options and shortcuts	The <i>mobile</i> application should allow configuration options and shortcuts to the most important information and frequent tasks, including the ability to configure according to contextual needs.
8	Cater for diverse <i>mobile</i> environments	Diverse environments consist of different types of context of use such as poor lighting conditions and high ambient noise are common ailments <i>mobile</i> users have to face every day. Cater for these potential issues, for example by allowing users to change interface brightness and sound settings.
9	Facilitate effortless input	<i>Mobile</i> devices are difficult to use from a content input perspective. Ensure users can input content accurately by displaying keyboard buttons that are as large as possible, as well as allowing multimodal input.
10	Make good use of sensors	Utilize the complex sensors available as much as possible to provide users with a more interesting and stimulating experience.
11	Create an aesthetic and identifiable icon	An icon for a <i>mobile</i> application should be aesthetic and identifiable as this is what a user sees when searching the device interface for the application they wish to launch and when scanning through <i>app</i> stores it will be the first item they see before the application title, description and screen shots.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Joyce e Lilley (2014).

## ANEXO D - HEURÍSTICAS PARA SMARTPHONES

Nº	Heurística	Descrição
1	Visibility of system status	<p>Definition: The device should keep the user informed about all the processes and state changes through feedback and in a reasonable time.</p> <p>Explanation: Through the interaction with the device, the user should be able to perform different tasks. These actions could lead to a state change of the system, which should be communicated to the user in some way. Also, there are other events that are not triggered by user interaction, but they require later response, i.e.,: phone calls, video calls, text message reception, clock alarm, low battery notification, among others.</p> <p>Some of the most common existing specific feedback types on <i>mobile</i> devices are: (1) Sound: (1.a) call ringtone, (1.b) message tone, (1.c) email tone, (1.d) low battery tone, (1.e) camera shutter tone; these sounds should be recognizable by the user (by default, according to conventions) and customizable. (2) Lights: (2.a) under the buttons, (2.b) notification lights, (2.c) camera led flash. (3) Graphic information: (3.a) static icons, (3.b) animated icons, (3.c) text notifications, (3.d) alert messages (i.e.,: push messages with distinctive icon(s) and text), (3.e) error messages (same structure as alert messages but different icon(s) and text). (4) Vibration.</p>
2	Match between system and the real world	<p>Definition: 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.</p> <p>Explanation: Devices provide different interaction modes; more than just touching the keys on a keyboard. Nowadays, touchscreen-based <i>mobile</i> devices have particular characteristics that allow the user to interact with them in novel ways, such as: (1) Touch screen: it allows direct manipulation of displayed objects using the fingers or stylus. The user can drag, press, pinch, among other gestures. (2) Proximity sensor: used to deactivate the backlight when the user places the device to his/her ear. (3) Accelerometer: it detects variations of the acceleration when moving the device. (4) GPS: it allows determining global position coordinates automatically.</p> <p>Through these new interaction modes, the user can perform tasks in a more intuitive way, by mimicking real world interaction rules. As an example, when scrolling down a long list, if the user "swipes" it with certain speed, the list will continue moving, mimicking the effect of inertia. It is expected that every interaction should depict a response similar to that expected in real world. Also, the language (text or icons) should be related to the real world and/or recognizable concepts.</p>
3	User control and freedom	<p>Definition: The device should allow the user to undo and redo his/her actions, and provide clearly pointed "emergency exits" to leave unwanted states. These options should be available preferably through a physical button or equivalent.</p> <p>Explanation: When the user commits a mistake by introducing text, modifying configuration options, or just reaching an undesired state, the system should provide proper "emergency exits". These exits should easily allow the user to go from an undesired state to a desired one. Also, the user should be allowed to undo and redo his/her actions in a simple and intuitive way. On the other hand, the user should also be able to easily manage the applications that are running on the device, and the resources in use. When using the data network, the user should be able to control the amount of data that is being transmitted, and the associated time.</p>
4	Consistency and standards	Definition: The device should follow the established conventions, allowing the user to do things in a familiar, standard and consistent way.

		Explanation: Many times, different parts of the system that are related and should be similar have different design or logic. In general, every concept presented in a contrasting way to the user's conception of the concept produces confusion in some degree. This confusion might lead to a decreasing efficiency of use or a low satisfaction, among other side effects. Considering all this, it is expected that the system should follow standards and conventions in order to achieve an intuitive and easy-to-use interface. Standards and conventions may be followed in three different dimensions: (1) From one part of the system to another, e.g., scrolling down lists of elements. (2) From one device to another of the same manufacturer (or related), e.g., pressing the power button once, the user can select a different sound profile (Nokia devices). (3) From one device to another with the same Operating System, e.g., every Android device has a "back" and a "home" button. Also, the system should be consistent in terms like: language, iconography, sounds, interaction, and so on. Same things should be the same.
5	Error prevention	Definition: The device should hide or deactivate unavailable functionalities, warn users about critical actions and provide access to additional information.  Explanation: The device should try to be explicit regarding every option and functionality. Considering a small screen size, this could be a big challenge. In this way, icons play a very important role. Sadly, sometimes a small image is not enough to describe in detail a function or alike, and in order to fix this, the system should provide additional information on user's demand. The information should be displayed clearly, trying to avoid long dialog sequences. Also, the user should be warned, especially when some actions might have undesired effects. The potentially dangerous options should be placed in deeper menu levels (therefore, assigning a physical button to one of these options is not recommended). On the other hand, on the physical aspect, the device should assure correct functioning. Actions like removing the battery pack, SIM card or memory card might abruptly stop the device and lose non-saved data. From this point of view, these actions should have some degree of security in order to avoid involuntary side effects.
6	Minimize the user's memory load	Definition: The device should offer visible objects, actions and options in order to prevent users from having to memorize information from one part of the dialog to another.  Explanation: Human short-term memory is limited, so the user should not be forced to remember information from one part of the system to another. The instruction on how to use the system should be visible or easy to get; complex instructions should be simplified. When talking about <i>mobile</i> devices, the limited display size puts designers in a rough position regarding which elements of the interface should be hidden or minimized. In this way, it is important that sensitive information should be placed in a visible spot. Users should not write text from one part of the system to another; in these devices it is better to select and copy than write.
7	Customization and shortcuts	Definition: The device should provide basic and advanced configuration options, allow definition and customization of shortcuts to frequent actions.  Explanation: Nowadays, a <i>mobile</i> device is almost an extension of its owner's body. It groups a lot of daily essential functionalities. From this perspective, customization and shortcut creation to these essential functionalities are some of the most frequent actions on a <i>mobile</i> device. Each user has his/her own needs and trying to satisfy all of them with a standard menu or interface can be a challenge. In this way, letting users to create their own shortcuts and customize most parts of the system may help. Through the access to advanced configuration options, expert users can improve their efficiency of use, and new users can get a deeper feel of ownership.
8	Efficiency of use and	Definition: 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.

	performance	<p>Animations and transitions should be displayed smoothly.</p> <p>Explanation: The processing power of most touchscreen-based <i>mobile</i> devices has increased exponentially in past years, even having devices with four (or more) processors. The match between <i>hardware</i> capabilities and <i>software</i> needs is not always the best. It is expected for basic <i>software</i> to be compatible with the <i>hardware</i>, especially with processing capabilities, in order to prevent black screens and long waiting times. Also, the animations, effects and transitions should be displayed fluidly with no interruptions.</p> <p>Another critical point is the length of the sequence of steps in order to perform a task. Complex tasks, potentially dangerous ones or non-frequent ones might contain several steps as security reinforcement. Simple tasks or frequent ones should be short. If the user wants to set an alarm at 4 am, he/she does not expect a 4 steps process.</p>
9	Esthetic and minimalist design	<p>Definition: The device should avoid displaying unwanted information overloading the screen.</p> <p>Explanation: For devices with an old release date, each information unit displayed in a small screen involves lower performance. Designers should be careful when displaying information through the screen. Also, overloaded interfaces may produce stress to the user.</p>
10	Help users recognize, diagnose, and recover from errors	<p>Definition: 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.</p> <p>Explanation: When an error occurs, the user does not need technicalities or cryptic alert messages. The user needs clear feedback messages, in a recognizable language, with instructions on how to recover from the error.</p>
11	Help and documentation	<p>Definition: The device should provide easy-to-find documentation and help, centered on the user's current task and indicating concrete steps to follow.</p> <p>Explanation: The device should provide access to detailed information about the available functionalities in a clear and simple way, from any part or state of the system where the user is located. It is recommended that this information should be included on the device. If not, the documentation should be available on a website and/or printed.</p>
12	Physical interactions and ergonomics	<p>Definition: The device should provide physical buttons or the equivalent for main functionalities, located in positions recognizable by the user, which should fit the natural posture (and reach) of the user's dominant hand.</p> <p>Explanation: <i>Mobile</i> devices are designed as hand-held devices. From this point of view, ergonomics and comfort play a very important role in the interaction between user and device. Any product that does not have a shape, weight, dimensions or buttons' position matching the normal posture of the palm might produce exhaustion. Buttons should be placed in positions recognizable by the user based on his/her experience with other similar devices, e.g., the camera shutter button is often placed in the top-right corner of the device in landscape mode.</p> <p>On the other hand, main functionalities should have assigned a physical button or the equivalent. Some examples of these functionalities are: power on/off, answer/end a phone call, volume control, camera shutter, lock/unlock device, open/close <i>applications</i> menu, go-back and go-home. These buttons should be labeled clearly and should not be assigned to a large number of different functionalities.</p>

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Inostroza et al. (2014).

## ANEXO E - HEURÍSTICAS PARA E-LEARNING

Nº	Heurística	Descrição
1	Visibility of system status	<p>The <i>e-learning</i> program keeps the learner informed about what is happening, through <i>appropriate</i> feedback within reasonable time.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. When modules and other components of the <i>e-learning</i> (e.g., streaming video) are downloading, is the status of the download communicated clearly?</li> <li>b. Is the user provided with information that indicates that the <i>e-learning</i> program is operating correctly?</li> </ul>
2	Match between system and the real world	<p>The <i>e-learning</i> program's interface employs words, phrases and concepts familiar to the learner or <i>appropriate</i> to the content, as opposed to system-oriented terms. Wherever possible, the <i>e-learning</i> program utilizes real-world conventions that make information <i>appear</i> in a natural and logical order.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Does the <i>e-learning</i> program's interactive design utilize metaphors that are familiar to the learner or related to the specific content of the program?</li> <li>b. Is the interface "user friendly," given the content of the program and its target audience?</li> </ul>
3	Error recovery and exiting	<p>The <i>e-learning</i> program allows the learner to recover from input mistakes and provides a clearly marked "exit" to leave the program without having to go through an extended dialogue.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Does the <i>e-learning</i> program distinguish between input errors and cognitive errors, allowing easy recovery from the former always, and from the latter when it is pedagogically <i>appropriate</i>?</li> <li>b. Does the program allow the learner to leave whenever desired, but easily return to the closest logical point in the program?</li> </ul>
4	Consistency and standards	<p>When appropriate to the content and target audience, the <i>e-learning</i> program adheres to general <i>software</i> conventions and is consistent in its use of different words, situations, or actions.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. If <i>appropriate</i> to the content and target audience, does the <i>e-learning</i> product adhere to widely recognized standards for <i>software</i> interactions (e.g., going back in a Web browser)?</li> <li>b. If the <i>e-learning</i> program does not utilize common <i>software</i> conventions for interactions, are the novel interactions <i>appropriate</i> for the content and target audience?</li> <li>c. Does the program maintain an <i>appropriate</i> level of consistency in its design from one part of the program to another?</li> </ul>
5	Error prevention	<p>The <i>e-learning</i> program is designed to prevent common problems from occurring in the first place.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Is the program designed so that the learner recognizes when he/she has made a mistake related to input rather than content?</li> <li>b. Is the <i>e-learning</i> program designed to provide a second chance when unexpected input is received (e.g., "You typed "bat" in response to the question. Did you mean "tab"?")?</li> </ul>

6	Navigation support	<p>The <i>e-learning</i> program makes objects, actions, and options visible so that the user does not have to remember information when navigating from one part of the program to another. Instructions for use of the program are always visible or easily retrievable.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Does the interface of the <i>e-learning</i> program speak for itself so that extensive consultation of a manual or other documentation does not interfere with learning?</li> <li>Does the <i>e-learning</i> program provide user-friendly hints and/or clear directions when the learner requests assistance?</li> <li>Does the <i>e-learning</i> program include a map or table of contents that allows the learner to see what has been seen and not seen?</li> </ol>
7	Aesthetics	<p>Screen displays do not contain information that is irrelevant, and “bells and whistles” are not gratuitously added to the <i>e-learning</i> program.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Are the font choices, colors, and sizes consistent with good screen design recommendations for <i>e-learning</i> programs?</li> <li>Does the <i>e-learning</i> program utilize white space and other screen design conventions appropriately?</li> </ol>
8	Help and documentation	<p>The <i>e-learning</i> program provides help and documentation that is readily accessible to the user when necessary. The help provides specific concrete steps for the user to follow. All documentation is written clearly and succinctly.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Is help provided that is screen or context specific?</li> <li>Is help or documentation available from any logical part of the <i>e-learning</i> program?</li> <li>Is help or documentation written clearly?</li> </ol>
9	Interactivity	<p>The <i>e-learning</i> program provides content-related interactions and tasks that support meaningful learning.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Does the <i>e-learning</i> program provide meaningful interactions for the user, rather than simply presenting long sections of text?</li> <li>Does the <i>e-learning</i> engage the learner in content-specific tasks to complete and problems to solve that take advantage of the state-of-the-art of <i>e-learning</i> capabilities?</li> </ol>
10	Message design	<p>The <i>e-learning</i> program presents information in accord with sound information-processing principles.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Is the most important information on the screen placed in the areas most likely to attract attention?</li> <li>Does the <i>e-learning</i> program follow good information presentation guidelines for organization and layout?</li> </ol>
11	Learning design	<p>The interactions in the <i>e-learning</i> program have been designed in accord with sound principles of learning theory.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Does the <i>e-learning</i> program follow an appropriate learning design to achieve its stated objectives?</li> <li>Does the <i>e-learning</i> program engage learners in tasks that are closely aligned with the learning goals and objectives?</li> </ol>
12	Media integration	<p>The inclusion of media in the <i>e-learning</i> program serves clear pedagogical and/or motivational purposes.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Is media included that is obviously superfluous, i.e., lacking a strong connection to the objectives and design of the program?</li> <li>Is the most appropriate media selected to match message design</li> </ol>

		<p><i>guidelines</i> or to support instructional design principles?</p> <p>c. If appropriate to the content, are various forms media included for remediation and/or enrichment?</p>
13	Instructional assessment	<p>The <i>e-learning</i> program provides assessment opportunities that are aligned with the program objectives and content.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <p>a. If appropriate to the content, does the <i>e-learning</i> program provide opportunities for self-assessments that advance learner achievement?</p> <p>b. If appropriate to the content, do assessments provide sufficient feedback to the learner to provide remedial directions?</p> <p>c. Wherever appropriate, are higher order assessments (e.g., analysis, synthesis, and evaluation) provided rather than lower order assessments (e.g., recall and recognition)?</p>
14	Resources	<p>The <i>e-learning</i> program provides access to all the resources necessary to support effective learning.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <p>a. Does the <i>e-learning</i> program provide access to a range of resources (e.g., examples or real data archives) appropriate to the learning context?</p> <p>b. If the <i>e-learning</i> program includes links to external World Wide Web or Intranet resources, are the links kept up to-date?</p> <p>c. Are resources provided in a manner that replicates as closely as possible their availability and use in the real world?</p>
15	Feedback	<p>The <i>e-learning</i> program provides feedback that is contextual and relevant to the problem or task in which the learner is engaged.</p> <p>Sample questions to ask yourself:</p> <p>a. Is the feedback given at any specific time tailored to the content being studied, problem being solved, or task being completed by the learner?</p> <p>b. Does feedback provide the learner with information concerning his/her current level of achievement within the program?</p> <p>c. Does the <i>e-learning</i> program provide learners with opportunities to access extended feedback from instructors, experts, peers, or others through e-mail or other Internet communications?</p>

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Reeves et al. (2002).

## ANEXO F - HEURÍSTICAS PARA APLICATIVOS E-LEARNING

Presentation			
1	Effectiveness	Supportiveness for learning/ authoring	Maintain UCD attributes for interface graphical aspects; introduce mechanism to highlight errors and cues to avoid errors
2		Supportiveness for communication, personalization, and access	Supportiveness for communication, personalization, and access
3		Effectiveness of teaching/ authoring	Update content consistently; highlight high priority subjects (2); stimulate learning without distraction; highlight hierarchical structure of course subjects (2)
4	Efficiency	Structure adequacy	Clearly and constantly indicate system state; clearly visualize progress tracking; clearly visualize options and commands available; clearly visualize course structure (2)
5		Facilities and technology adequacy	Provide adaptation of the graphical aspect to the context of use
6		Efficiency of supports	Introduce noninvasive scaffolding to avoid distraction of the learner
Hipermidiality			
7	Effectiveness	Supportiveness for learning/ authoring	Provide support for the preparation of the multimedia material; highlight cross-references by state and course maps to facilitate topic links (3)
8		Supportiveness for communication, personalization, and access	Supply different media channels for communication; maximize personalized access to learning contents (3)
9		Effectiveness of teaching/ authoring	Provide tools to immerse the learner in the learning domain context; use specific communication media for each subject and learning goal; provide means to choose and control media options
10	Efficiency	Structure adequacy	Allow repository access to both lecturer and student
11		Facilities and technology adequacy	Create contextualized bookmarks; enable off-line use of platform maintaining tools and learning context (5)
12		Efficiency of supports	Use communication channels optimally; use hypertextual and hypermedial links carefully; reuse and integrate learning material
Application Proactivity			
13	Effectiveness	Supportiveness for learning/ authoring	Insert assessment tests in various forms; automatically update students' progress tracking; insert learning domain tools
14		Supportiveness for communication, personalization, and access	Provide mechanisms to manage user's profiles
15		Effectiveness of teaching/ authoring	Provide specific learning domain tools; provide support for novice learners; provide a clear default learning path; allow alternative learning paths; design help and scaffolding

			carefully; Design reliable testing tools
16	Efficiency	Structure adequacy	Introduce mechanisms to prevent usage errors; provide mechanisms for teaching-through-errors; allow different repository modes for lecturers and students; insert easy to use platform tools (1)
17		Facilities and technology adequacy	Maximize adaptation of technology to the context of use; register the date of last modification of documents to facilitate updating
18		Efficiency of supports	Attenuate scaffolding correctly (if attenuation is lecturer-driven); use document formats not requiring specific plugins
User activity			
19	Effectiveness	Supportiveness for learning/ authoring	Provide easy-to-use authoring tools; enable to define a clear learning path; allow to define alternative learning paths; provide support for assessment test; manage reports about attendance and usage of a course; allow use of learning tools even when not scheduled
20		Supportiveness for communication, personalization, and access	Provide both synchronous and asynchronous communication tools (7); provide communication mechanisms to both students and lecturers; allow the possibility to personalize the learning path; insert mechanisms to make annotations; provide mechanisms to integrate the didactic material
21		Effectiveness of teaching/ authoring	Introduce assessment tests on demand (6); provide a way to choose among different learning paths; provide blended-learning simulations
22	Efficiency	Structure adequacy	Provide mechanisms for search by indexing, key or natural language (4)
23		Facilities and technology adequacy	Allow the possibility to create standard-compliant documents and tests (AICC, IMS, SCORM); provide authoring tools to facilitate documents updating and assessment tests editing
24		Efficiency of supports	Facilitate search for documents by a correct and clear specification of keywords (4)

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Arditto et al. (2004).

## ANEXO G - HEURÍSTICAS PARA CURSOS ONLINE

Nº	Heurística	Descrição
1	Visibility	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does the user know where to start on the main page?</li> <li>• Does the order of course listings (e.g., from current to previous) reduce the need for scrolling action to find courses?</li> <li>• Does the presentation arrangement assist the user to recognize specific courses by specific terms and course names?</li> <li>• Is the user interface functionality properly presented on the main page? Are options (buttons selections) logically grouped and labeled?</li> <li>• Is the intended functionality clear for each option or selection?</li> <li>• Is the use of a global calendar for the benefit of the designer or learner? Both? Neither?</li> <li>• Is system status of each function clear on the main page?</li> <li>• Does the designer know the differences and risks in using various functions?</li> <li>• Are functions intuitive to all users accessing the main page? Are they used? If not used, can they be removed/hidden from the page?</li> <li>• Does the user understand the graphic symbols given for each course that represent “new” – new email, new discussion postings?</li> <li>• Are functions redundant on a page? (For example, how many instances of “bookmarks” are necessary on the main page?)</li> <li>• Does the user have to scroll beyond one full screen?</li> <li>• Is excessive scrolling needed to find items from one single page or view?</li> <li>• Are button labels meaningful?</li> <li>• Does the system provide breadcrumbs to indicate where the user is and where the user last was?</li> <li>• Is the page length appropriate to the content?</li> <li>• If frames are used, are they used effectively to improve navigation?</li> <li>• Is it necessary for the designer/instructor to consistently “toggle” from “designer options” to “view” just to expand the homepage view?</li> <li>• Is excessive radio button selection necessary to select functions or items that need viewing or require action?</li> <li>• Is course content meaningfully arranged in files and links from the homepage?</li> <li>• Does the user know where to start on the homepage as in “where do I start with this course?”</li> <li>• Can the user visibly discriminate between information and activities arranged on the homepage?</li> <li>• Are certain functions or options hidden when they should be visible from the view?</li> <li>• Are certain functions or options visible when they should be hidden from the view?</li> <li>• Is the presentation of email and discussion messages consistent?</li> <li>• Can the user locate a clear communication path to the instructor? Other students?</li> <li>• Are “Announcements” visibly presented on the course page? Are announcements current?</li> <li>• Does visibility support awareness/perceptions of others?</li> <li>• Are meaningful learning metaphors being used to represent content, tasks, or activities?</li> <li>• Are pages on the course site easy to bookmark?</li> </ul>
2	Functionality	<ul style="list-style-type: none"> <li>• How many actions or selections does the designer/instructor have to do to complete one main task (e.g., establish an assignment drop box for three assignments)?</li> <li>• Does the sequence of completing a main task require repetitive scrolling, repetitive selection, and accuracy of selection for completing one main task (e.g., adding/moving/editing one single text block)?</li> <li>• Does the course calendar match the global calendar? Can the global calendar be accessed/used inside the course homepage?</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• How intuitive are button functions without clicking on them first?</li> <li>• Does the interface provide adequate back button functionality to return to a previous screen?</li> <li>• Is functionality deeply nested requiring a several step selection process for following links?</li> <li>• Are there sufficient shortcuts for navigating the activity, function, or action?</li> <li>• Are form-fill in screens so cumbersome that multiple selections or actions must be taken to complete a task (e.g., setting the time in assignment box requires input of hour and seconds in separate boxes.)</li> </ul>
3	Aesthetics	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Is there sufficient use of white space in the course design? On each page? Across course pages?</li> <li>• Is there proper use of color or graphics that enhance navigation?</li> <li>• Are items or functions placed in meaningful order?</li> <li>• Are buttons and selections of sufficient viewable size?</li> <li>• Is text of sufficient viewable size?</li> <li>• Is the presentation of the course <i>appealing</i> to the user?</li> <li>• Does the course promote a “sense of presence” from an aesthetic point of view?</li> <li>• Does the course presentation promote engagement for users?</li> <li>• Are screen features adaptable to individual user preferences?</li> <li>• Are the screens pleasing to look at?</li> <li>• Is good use made of the screen real estate?</li> <li>• Are the screens too cluttered or too sparse?</li> <li>• Is there too much course content or information on the screen?</li> <li>• Is there extraneous information causing user distraction?</li> <li>• Are there progressive levels of detail in presenting information to the user?</li> </ul>
4	Feedback and help	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Do buttons and features have “fly over” help or pop up labels that provide meaningful description?</li> <li>• Is the user offered sufficient FAQ, system, and human support to obtain necessary help?</li> <li>• Is context sensitive help provided?</li> <li>• Are colors used appropriately using standard conventions?</li> <li>• Status messages</li> <li>• Are system messages meaningful?</li> <li>• Are status related items consistent across the course interface?</li> <li>• Are status messages worded <i>appropriate</i> to the task?</li> <li>• Are status messages discernable between informational or action oriented?</li> <li>• Is the user provided with sufficient information to know what the system status is and where in the system he/she is?</li> </ul>
5	Error prevention	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does the user have control over the system?</li> <li>• Can the user easily undo selections, actions, errors in arrangement or management of items?</li> <li>• Is “undo” an intuitive process?</li> <li>• Are errors avoided or minimized when possible?</li> <li>• Is there an easy undo feature available at major juncture points?</li> <li>• Do error or warning messages prevent possible errors from occurring?</li> <li>• Are solutions offered to help users recover from errors?</li> </ul>
6	Memorability	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Is the designer/instructor required to essentially memorize the sequence of selections and actions to efficiently complete a task?</li> <li>• Is modal selection so extensive that the designer cannot easily remember where he/she started in the process of completing a task?</li> <li>• Is cognitive load reduced by providing familiarity of items and action sequences?</li> <li>• Can the designer/instructor immediately find the <i>appropriate</i> function to make a modification to a previous setting?</li> <li>• Can settings be reused so that designers/instructors are not required to</li> </ul>

	<p>remember processes that are only done infrequently when designing a course?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Is there sufficient visibility so the user does not have to look for things and try to remember them?</li> <li>• Are meaningful labels and descriptive links used to support recognition?</li> <li>• Are objects, actions, and options visible?</li> <li>• Is information presented in organized chunks to support learnability and memorability?</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Are files easy to upload?</li> <li>• Are files easy to download and view?</li> <li>• Are files easy to organize according to sequence and timing desired by the designer?</li> <li>• Is the “back up” file process an intuitive process?</li> <li>• Is the “back up” file/course process flexible in the number of times a back up can be made?</li> <li>• Can the designer/instructor find the management functions in the control panel arrangement?</li> <li>• Is there redundancy in the arrangement of items in the control panel? In the entire panel? In sections of the panel?</li> <li>• Do desired management tasks match the function of the tool and the section that function is given in the control panel?</li> <li>• Are items in the control panel appropriately arranged?</li> <li>• To what extent is “maintenance” a designer’s task or the system’s task?</li> <li>• Are maintenance related tasks automated for the designer?</li> <li>• Are there simple ways to reuse a course from previous courses?</li> <li>• Is attention paid to minimize redundant efforts?</li> <li>• Can files easily be shared among courses?</li> <li>• Are there options to personalize the “look and feel” of the course?</li> <li>• Are standard templates available to select “look and feel” aspects of the course?</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does the arrangement of topics promote class discussion?</li> <li>• Can the user follow the progression or flow of discussion of one single topic or across multiple topics?</li> <li>• Are messages arranged in numerical fashion? Is this effective?</li> <li>• Are messages arranged in an effective threaded fashion?</li> <li>• Can selected messages be effectively compiled to read in one sequence?</li> <li>• Can subject lines be modified?</li> <li>• Can text be edited or modified once posted?</li> <li>• Can messages be moved to specific locations to another topic area?</li> <li>• Can users delete their own messages or text?</li> <li>• Can users obtain “side-by-side” (multiple) views of contributions to follow the flow of discussion?</li> <li>• Can users establish a “sense of community” through the arrangement of messages and responses?</li> </ul> <p>Can messages and responses in one class be shared for another class with appropriate acknowledgement and citation of origin?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Can designers/instructors extrapolate specific postings from individual students from the discussion board transcript?</li> <li>• Can the designer/instructor extract statistics from the discussion board transcript to show the patterns of interaction produced from the class?</li> <li>• Can users share timely information that can be easily located later for further use?</li> <li>• Can users communicate with others outside the course?</li> </ul>

8	Interactivity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Are various interaction patterns (one-to-one, one-to-many, many-to-many) supported in the communication tools?</li> <li>• Can a “history” of discussion and sharing of resources be captured at any time in the course?</li> <li>• Can temporal aspects such timing, pace, and sequencing be used effectively in online discussion tools to promote quality interaction?</li> <li>• Can various activity structures be used in online discussion tools? (For example, activities involving individual students, groups, teams, pairs, rotating groups, other compositions.)</li> <li>• Is it easy to compose a message?</li> <li>• Does the user have to do excessive scrolling to follow message flow?</li> <li>• How modal is the process for managing messages in a discussion board (delete/all read, update listing, compile, etc.)?</li> <li>• Can messages be easily expanded and collapsed?</li> <li>• Is there visual feedback in terms of new messages/old messages/other?</li> <li>• Can the designer/instructor establish and maintain a tone or flavor of his/her own in the course?</li> <li>• Is communication centralized and convenient?</li> <li>• Can activities be easily monitored by the designer/instructor?</li> </ul>
9	Flexibility	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Are templates available for the designer to simply “plug in” course content without time consuming and repetitive action sequences?</li> <li>• Are users able to edit messages in email, chat, discussion boards, etc.?</li> <li>• Does modifying an action or activity require excessive “redoing” to make a single change?</li> <li>• Can designers/instructors modify settings for individual learners that would not affect the settings for the group as a whole? (For example, extending the due date for an assignment in the drop box for an individual student.)</li> <li>• Can designers/instructors select information for individual students or group students into distinct groups for various purposes?</li> <li>• To what extent is reuse possible without extensive revision or modification to previously used learning objects or course content?</li> <li>• Can users establish their own defaults for email, discussion groups, icon arrangement, other?</li> <li>• Can users personalize their online learning environment by adding resources, content, learning objects to their own course page? To what extent can users customize their “view”?</li> <li>• Are standard templates provided with easy access to personalize or modify things?</li> <li>• Can learning objects be created and reused?</li> <li>• Can the user modify the defaults and create his/her own style sheets?</li> <li>• Does the course support various learning styles?</li> <li>• Does the course support various modes of learning – asynchronous, synchronous, hybrid?</li> </ul>
10	Consistency	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Do all buttons/labels/textboxes/text/ icons/other offer consistent and meaningful information?</li> <li>• Do the activity, icon, button, label, and other provide clear purpose/intent that matches the tasks?</li> <li>• Are buttons or selections consistently placed on the screen throughout the course?</li> <li>• Is there adequate integration of functionality and tasks – does the tool match the desired task? Does the tool match the learning objective?</li> <li>• Is there consistent arrangement of course content and interface items that help reduce cognitive load?</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does the system operate consistently throughout the course?</li> <li>• Are tasks and functions intuitive and follow standard conventions?</li> <li>• Is consistent form and style used for various titles and headers?</li> <li>• Are colors used appropriately using standard conventions?</li> </ul>
11	Efficiency	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Can activities be done logically and easily?</li> <li>• Does the organization match the mental model of the user and designer/instructor?</li> <li>• Are modal operations reduced, where possible?</li> <li>• Does the system provide progressive disclosure, both for the user and the designer/instructor?</li> </ul>
12	Reducing redundancy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Are items visible in multiple places and from multiple paths?</li> <li>• Are learning objects easily created and reused?</li> <li>• Can multiple but similar tasks be done easily?</li> </ul>
13	Accessibility	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does the system provide sufficient flexibility for multiple types of users?</li> <li>• Are alternative pathways to course content and activities available?</li> <li>• Does the course meet minimal accessibility standards (WAI, Bobby, others)?</li> <li>• Can content be transcribed to various spoken languages?</li> <li>• Has load time been considered in terms of content and various network speeds?</li> <li>• Is the course accessible to people with physical impairments?</li> <li>• Are buttons and selections of sufficient viewable size?</li> <li>• Is text of sufficient viewable size?</li> <li>• Are screen features adaptable to individual user preferences?</li> </ul>

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Dringus e Cohen (2005).

## ANEXO H - HEURÍSTICAS PARA INVISIBILIDADE E UBIQUIDADE

Nº	Heurística	Descrição
1	Visibility of system status	The system should always keep user informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time.
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.
3	User control and freedom	The system should support a user driven <i>approach</i> . Users should be able to easily escape from places they unexpectedly find themselves in.
4	Consistency and standards	The ways of performing similar actions should be consistent throughout the system.
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.
6	Error prevention	Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place.
7	Flexibility and efficiency of use	The system should be accessible from anywhere. Is the system portable and reusable for the user?
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.
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.
10	Updates	Updates should be available to the user on a regular basis?
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.
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.
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?
14	Focus	The system technology should 'blend into the background' and allow the users to focus solely on learning.
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.
16	Awareness	The system should provide ease of communication for multiple users without colliding with the activities of others.
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.
18	Trust/ethic/responsibility	The system should help the user to protect personal or private information.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Kemp et al. (2008).

## ANEXO I - HEURÍSTICAS PARA SOFTWARES EDUCACIONAIS

Interface		
1	UI 1	Uses aesthetic and minimalist design
2	UI 2	Maximizes consistency and matches standards
3	UI 3	The uses of space, color and text are according to the principles of screen design
4	UI 4	The uses of text, color and font follow the principles of readability
5	UI 5	The quality of multimedia elements (text, image, animation, video and sound) used is acceptable.
6	UI 6	The use of multimedia elements support meaningfully the text provided.
7	UI 7	The integration of presentation means is well coordinated
8	UI 8	The uses of multimedia elements enhance the presentation of information.
9	UI 9	The interactivity of the courseware is suitable to learners/students level.
10	UI 10	Provide specific and self- identified key for specific task (exit, glossary, main, objective)
Educational/pedagogical		
11	ED 1	Clear goal and learning objectives
12	ED 2	The activities are interesting and engaging
13	ED 3	The design and the contents are reliable and proven.
14	ED 4	Can be used as self- directed learning tools.
15	ED 5	Support for self-learning skills.
16	ED 6	Medium for learning by doing.
17	ED 7	Considers the individual differences.
18	ED 8	Performance should be an outcome-based.
19	ED 9	Offers the ability to select the level of difficulty.
20	ED 10	Ability to work in their own pace.
Content		
21	CO1	Reliable content with correct flow.
22	CO2	Clear and understandable structure of contents.
23	CO3	Navigation is easy and accurate.
24	CO4	Supporting materials are sufficient and relevant.
25	CO5	Materials are interesting and engaging.
26	CO6	Sufficient and challenging tutorials/quizzes
27	CO7	User friendly and attractive tutorials/quizzes
28	CO8	Correct and fast feedbacks
Suitability		
29	SU1	Adaptation of moral values
30	SU2	Suitable for all races
31	SU3	Representative the whole community
32	SU4	Stimulate critical thinking of student
33	SU5	Bring out learners outstanding

Fonte: Desenvolvido pelo autor, adaptado de Omar, Yusof, e Sabri (2010).