

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS

CARLOS ALBERTO MAJER

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE USABILIDADE PONDERADA POR AHP EM
SIMULADORES DE JOGOS DE EMPRESAS

São Paulo

Mai/2017

CARLOS ALBERTO MAJER

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE USABILIDADE PONDERADA POR AHP EM
SIMULADORES DE JOGOS DE EMPRESAS

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo Duduchi Feitosa.

São Paulo

Maior/2017

M233a Majer, Carlos Alberto
Avaliação quantitativa de usabilidade ponderada por AHP em simuladores de jogos de empresas / Carlos Alberto Majer. – São Paulo : CPS, 2017.
142 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Duduchi Feitosa
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2017.

1. Jogos de empresas. 2. Simulação. 3. Avaliação de usabilidade. 4. AHP. 5. Heurísticas de Nielsen. I. Feitosa, Marcelo Duduchi. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

CARLOS ALBERTO MAJER

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE USABILIDADE PONDERADA POR AHP EM
SIMULADORES DE JOGOS DE EMPRESAS

Prof. Dr. Marcelo Duduchi Feitosa

Profa. Dra. Lucia Vilela Leite Filgueiras

Profa. Dra. Marília Macorin de Azevedo

São Paulo, 25 de Maio de 2.017

RESUMO

MAJER, C. A. **Avaliação quantitativa de usabilidade ponderada por AHP em simuladores de jogos de empresas**. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2017.

Este trabalho propõe um processo para avaliação de usabilidade de jogos de empresas usados no ensino superior por meio de questionários construídos a partir das heurísticas de Nielsen que avaliam a usabilidade de jogos de empresas segundo a percepção de seus usuários estudantes, e questionário voltado ao professor para identificar a importância relativa entre as heurísticas avaliadas. Os questionários dos alunos compõem a base para cálculo de uma pontuação geral de usabilidade, enquanto que o questionário do professor é usado para ponderação de importância de cada critério, com base na sua visão de relevância das heurísticas consideradas, obtido conforme o método de tomada de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e resultando numa pontuação de usabilidade ponderada. O trabalho aplica o processo proposto e analisa as vantagens e limites de seu uso.

Palavras-chave: jogos de empresas, simulação, usabilidade, avaliação de usabilidade, interface humano computador, AHP, tomada de decisão, Heurísticas de Nielsen.

ABSTRACT

MAJER, C. A. **Avaliação quantitativa de usabilidade ponderada por AHP em simuladores de jogos de empresas**. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2017.

This work proposes a process for usability evaluation of business simulation used in higher education which uses questionnaires that evaluate the usability perception of a business simulation by its student users from questions based on the Nielsen usability heuristics, and a teacher focused questionnaire, which is used to identify the relative importance of the evaluated heuristics. The students' questionnaires compose the basis for calculating a general usability score, while the teacher's questionnaire is used to weight the importance of each criteria, based on his vision of relevance of the considered heuristics, obtained according to the application of Multicriteria Decision Analytic Hierarchy Process (AHP) method and resulting on a weighted usability score. This work applies the proposed process and analyzes the advantages and limits of its use.

Keywords: Business simulation, simulation, usability, usability evaluation, human computer interface, AHP, decision making, Nielsen Heuristics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Questionários de avaliação de usabilidade	48
Quadro 2:	A escala fundamental dos números absolutos	59
Quadro 3:	Estatísticas da escolha dos valores - simulador A	69
Quadro 4:	Estatísticas da escolha dos valores - simulador B.....	69
Quadro 5:	Posição das afirmações das heurísticas de Nielsen no questionário do aluno ..	75
Quadro 6:	Escala de valores de percepção de qualidade do questionário do respondente	89
Quadro 7:	Pesos das afirmações das heurísticas de Nielsen do questionário do aluno	91
Quadro 8:	Contagem de número de afirmações respondidas.....	91
Quadro 9:	Cálculo do valor máximo das afirmações do questionário do aluno	92
Quadro 10:	Cálculo da pontuação de usabilidade por heurística com peso ajustado	94
Quadro 11:	Totais das afirmações respondidas por heurística.....	94
Quadro 12:	Proporção da pontuação obtida por heurística	95
Quadro 13:	Cálculo do ajuste das proporções (normalização)	95
Quadro 14:	Proporção ajustada da pontuação obtida por heurística.....	96
Quadro 15:	Cálculo da pontuação de usabilidade por heurística	97
Quadro 16:	As heurísticas de usabilidade e a escala de Saaty	101
Quadro 17:	Método AHP aplicado no questionário do professor do simulador A.....	110
Quadro 18:	Pontuação de usabilidade simulador A conforme relevância das heurísticas .	111
Quadro 19:	Método AHP aplicado no questionário do professor do simulador B	118
Quadro 20:	Pontuação de usabilidade simulador B conforme relevância das heurísticas .	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Termos pesquisados no portal CAPES	20
Tabela 2:	Matriz de comparação de pesos entre os critérios	60
Tabela 3:	Índice randômico para matrizes de comparação par a par	60
Tabela 4:	Soma dos valores das afirmações do questionário do aluno	92
Tabela 5:	Dados processados – Simulador A	104
Tabela 6:	Matriz de comparação quadrada de critérios	105
Tabela 7:	Matriz normalizada de critérios – Simulador A.....	106
Tabela 8:	Cálculo do vetor de prioridades – Simulador A.....	107
Tabela 9:	Cálculo da razão de consistência do simulador A – passo 1.....	108
Tabela 10:	Cálculo da razão de consistência do simulador A – passo 2.....	108
Tabela 11:	Índice randômico para matrizes de comparação par a par	109
Tabela 12:	Comparação ente pontuação geral e ponderada – Simulador A	112
Tabela 13:	Dados processados – Simulador B.....	113
Tabela 14:	Matriz de comparação quadrada de critérios – Simulador B.....	114
Tabela 15:	Matriz normalizada de critérios – Simulador B.....	114
Tabela 16:	Cálculo do vetor de prioridades – Simulador B.....	115
Tabela 17:	Cálculo da razão de consistência do simulador B – passo 1.....	116
Tabela 18:	Cálculo da razão de consistência do simulador B – passo 2.....	116
Tabela 19:	Comparação ente pontuação geral e ponderada – Simulador B	119
Tabela 20:	Histograma – distribuição das avaliações da heurística H6 do simulador A..	128
Tabela 21:	Histograma – distribuição das avaliações da heurística H9 do simulador B..	129
Tabela 22:	Histograma – distribuição das avaliações da heurística H10 do simulador B	130

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Número de artigos – pesquisa portal CAPES	21
Figura 2:	Estrutura de funcionamento de jogo de empresas.....	23
Figura 3:	Fases do ciclo de vida de um jogo de empresas.....	24
Figura 4:	Uso continuado do modelo educacional de jogos de simulação	26
Figura 5:	Simulação de jogos e seu suporte por modelos lógicos.....	28
Figura 6:	Mapa das cidades dos fornecedores – Simulador Coliseum Industrial.....	30
Figura 7:	Localização e estrutura da escola – Simulador Coliseum Escola de Idiomas ..	31
Figura 8:	Modelo de qualidade no ciclo de vida do software.....	41
Figura 9:	Modelo de qualidade ISO para qualidade externa e interna	41
Figura 10:	Questionário NASA-TLX.....	51
Figura 11:	SEQ (<i>Single Ease Question</i>)	52
Figura 12:	SMEQ (<i>Subjective Mental Effort Questionnaire</i>).....	52
Figura 13:	Hierarquia visual do AHP	58
Figura 14:	Passos para aplicação do processo proposto	73
Figura 15:	Fórmula para cálculo da pontuação de usabilidade por heurística	96
Figura 16:	Fórmula de cálculo do índice de consistência.....	109
Figura 17:	Resultado do cálculo do índice de consistência – simulador A.....	109
Figura 18:	Cálculo da razão de consistência	109
Figura 19:	Cálculo da razão de consistência – simulador A	110
Figura 20:	Resultado do cálculo do índice de consistência – simulador B	117
Figura 21:	Cálculo da razão de consistência – simulador B.....	117
Figura 22:	Comparação da pontuação de usabilidade das heurísticas – simulador A.....	120
Figura 23:	Ponderação das heurísticas AHP – simulador A.....	122
Figura 24:	Impacto da ponderação na pontuação das heurísticas – simulador A.....	122
Figura 25:	Comparação da pontuação de usabilidade das heurísticas – simulador B.....	124
Figura 26:	Ponderação das heurísticas AHP – simulador B.....	126
Figura 27:	Impacto da ponderação na pontuação das heurísticas – simulador B.....	126
Figura 28:	Histograma – distribuição das avaliações da heurística H6 do simulador A..	128
Figura 29:	Histograma – distribuição das avaliações da heurística H9 do simulador B..	129
Figura 30:	Histograma – distribuição das avaliações da heurística H10 do simulador B	130

LISTA DE SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ASQ	<i>After-Scenario Questionnaire</i>
ATM	<i>Automated Teller Machine</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CSUQ	<i>Computer System Usability Questionnaire</i>
DEC	<i>Digital Equipment Corporation</i>
EAD	Ensino a distância
HCI	<i>Human-Computer Interaction</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
IOS	<i>iPhone Operating System</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NASA	<i>National Air Space Agency</i>
NASA-TLX	<i>NASA Task Load Index</i>
PSSUQ	<i>Post Study System Usability Questionnaire</i>
QUIS	<i>Questionnaire for User Interaction Satisfaction</i>
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SEQ	<i>Single Ease Question</i>
SMEQ	<i>Subjective Mental Effort Questionnaire</i>
SQUARE	<i>Systems and software Quality Requirements and Evaluation</i>
SUMMI	<i>Software Usability Measurement Inventory</i>
SUPR-Q	(Standardized User Experience Percentile Rank Questionnaire)
SUS	<i>System Usability Scale</i>
UME	<i>Usability Magnitude Estimation</i>
UMUX	<i>Usability Metric for User Experience</i>
UX	Experiência do Usuário (<i>User Experience</i>)
WAMMI	<i>Website Analysis and MeasureMent Inventory</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
Objetivo	18
Organização	18
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
1.1 Jogos de empresas.....	21
1.2 Simuladores na educação em gestão corporativa	26
<i>1.2.1 Simuladores brasileiros de jogos de empresas.....</i>	<i>29</i>
1.3 Interação Humano-Computador (IHC)	32
<i>1.3.1 A interface de software.....</i>	<i>36</i>
<i>1.3.2 A usabilidade de software</i>	<i>38</i>
<i>1.3.3 A usabilidade em normas de qualidade de software</i>	<i>39</i>
<i>1.3.4 A experiência do usuário (UX – User Experience)</i>	<i>43</i>
1.4 Avaliação de usabilidade em interfaces de software	44
<i>1.4.1 Métodos e técnicas para avaliação de usabilidade de software</i>	<i>44</i>
<i>1.4.2 Questionários de usabilidade</i>	<i>47</i>
<i>1.4.3 Heurísticas de usabilidade</i>	<i>55</i>
1.5 Tomada de decisão e avaliação de usabilidade	56
<i>1.5.1 Tomada de decisão multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP).....</i>	<i>57</i>
2 METODOLOGIA DE PESQUISA	61
2.1 Pesquisa bibliográfica.....	61
2.2 Construção de um processo de avaliação de usabilidade.....	61
<i>2.2.1 Justificativas para criação do questionário próprio.....</i>	<i>64</i>
2.3 Avaliação do processo de avaliação de usabilidade proposto.....	68
<i>2.3.1 Pontos fortes do processo de avaliação</i>	<i>70</i>
<i>2.3.2 Limites do processo de avaliação proposto</i>	<i>70</i>
3 DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO.....	72
3.1 Preparação do questionário de percepção de usabilidade.....	74
<i>3.1.1 Heurísticas de usabilidade</i>	<i>75</i>
<i>3.1.2 Heurística de visibilidade da situação do sistema (H1).....</i>	<i>78</i>
<i>3.1.2 Heurística de equivalência da interface do sistema ao mundo real (H2)</i>	<i>79</i>
<i>3.1.3 Heurística de liberdade e controle do usuário (H3)</i>	<i>80</i>
<i>3.1.4 Heurística de consistência e aderência a padrões (H4)</i>	<i>81</i>
<i>3.1.5 Heurística de prevenção de erros (H5)</i>	<i>82</i>

3.1.6	<i>Heurística de reconhecimento ao invés de lembrança (H6)</i>	83
3.1.7	<i>Heurística de flexibilidade e eficiência de uso (H7)</i>	84
3.1.8	<i>Heurística de estética e design minimalista (H8)</i>	85
3.1.9	<i>Heurística de reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros (H9)</i>	86
3.1.10	<i>Heurística de ajuda e documentação (H10)</i>	87
3.2	Escala de valores das afirmações	88
3.3	Cálculo da pontuação geral de usabilidade	90
3.4	Cálculo de pontuação de usabilidade por heurística	93
3.5	Questionário de importância das heurísticas de Nielsen	97
3.6	Cálculo da pontuação ponderada de usabilidade	101
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
4.1	Validação do Processo de Avaliação de usabilidade proposto	103
4.2	Resultados dos processos de avaliação	104
4.2.1	<i>Resultados da primeira avaliação – Simulador A - Campinas</i>	104
4.2.2	<i>Pontuação ponderada do simulador A conforme as relevâncias das heurísticas</i>	105
4.2.3	<i>Relativização da pontuação de usabilidade do simulador A</i>	111
4.2.4	<i>Resultados da segunda avaliação – Simulador B - Vitória da Conquista</i>	112
4.2.5	<i>Pontuação ponderada do simulador B conforme as relevâncias das heurísticas</i>	113
4.2.6	<i>Relativização da pontuação de usabilidade do simulador B</i>	118
4.3	Discussões	120
4.3.1	<i>Análise da pontuação das heurísticas do simulador A</i>	120
4.3.2	<i>Análise da pontuação ponderada de usabilidade – simulador A</i>	121
4.3.3	<i>Análise da pontuação das heurísticas do simulador B</i>	123
4.3.4	<i>Análise da pontuação ponderada de usabilidade – simulador B</i>	125
4.3.5	<i>Análise de escolha dos valores das afirmações da avaliação do simulador A</i>	127
4.3.6	<i>Distribuição de escolha dos valores das afirmações da avaliação do simulador B</i>	129
	CONCLUSÃO	132
	REFERÊNCIAS	134
	ANEXOS	142

INTRODUÇÃO

Jogos de empresas, *business simulation*, simulação gerencial, jogos de estratégia, jogos de negócios e simulação de gestão de negócios são alguns dos nomes dados a uma técnica didática em geral baseada em modelos matemáticos, que caracteriza um ambiente simulado e retrata situações típicas da área empresarial, onde alunos formam equipes para a gestão de um negócio colocando em prática conteúdos, técnicas e conceitos assimilados durante sua formação profissional e/ou universitária (SCHAFRANSKI e TUBINO, 2013).

Eles se caracterizam como ferramenta utilizada no ensino onde alunos gerenciam negócios virtuais competindo e aplicando conceitos de gestão empresarial, numa indústria, aprendendo e desenvolvendo sua própria experiência num processo de tomada de decisão, num ambiente de aprendizado que evita o risco relacionado às decisões tomadas (FITÓ-BERTRAN et. al, 2015).

Esta ferramenta é aplicada em cursos abertos de formação profissional, graduação e pós-graduação conforme a prática real de mercado, por meio da simulação de cenários corporativos, análises de dados e resultados e tomadas múltiplas de decisões de gestão de um empreendimento. Ela é usualmente utilizada dentro de uma disciplina existente na grade curricular de diversos cursos de graduação (administração de empresas, produção, medicina, arquitetura, etc.) ou pós-graduação.

Seu uso auxilia no desenvolvimento e formação do aluno por meio da prática simulada e facilita a assimilação de conceitos e técnicas que geralmente são apresentados de forma teórica em muitas disciplinas, reforçando a visão de integração de conteúdos ensinados em diversas disciplinas do curso. As empresas também são beneficiadas pela aplicação de jogos de empresas na formação dos alunos.

Dentre os objetivos pedagógicos no uso de um simulador de jogos de empresas está o desenvolvimento de diversas habilidades tais como técnicas, em função da necessidade da tomada de decisão em vários níveis e humanas, a partir do trabalho em equipe e conceituais, advindas dos conteúdos, técnicas e conceitos estudados, que permitem a reconstrução de conteúdos, situações e aspectos sociais existentes na área profissional (MOTTA, QUINTELLA e MELO, 2014; KIRILLOV et al., 2016).

Sua aplicação na academia permite o desenvolvimento e preparo do aluno de forma tácita (aprendizado individual), sistêmica (pela instituição educacional) e prática, de forma coletiva, para a realidade de mercado, por meio de desafios e tomadas de decisões, auxiliando-o a desenvolver diversas competências, tais como análise, comunicação, negociação, tomada de decisão, dentre tantas outras (DIAS, SAUAIA e YOSHIKAZI, 2013; MOTTA, QUINTELLA e MELO, 2014; KIRILLOV et al., 2016).

Ao considerar os sistemas computacionais interativos, Morais e Loper (2014) chamam a atenção ao fato de que seu número tem crescido continuamente, principalmente após o advento da Internet. Para que se busque alcançar um maior grau de sucesso quanto aos objetivos pedagógicos destes sistemas, os estudos quanto à usabilidade e interação humano-computador vêm se intensificando.

Sistemas devem ser fáceis de serem utilizados e permitir que o usuário consiga atingir seus objetivos em tempo hábil, de forma produtiva, de maneira que não seja necessário perder tempo buscando descobrir como o sistema funciona (CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013).

A usabilidade de um sistema é um conceito que se refere à qualidade de uso pelos seus usuários e depende de vários aspectos (OLIVEIRA e LIMA, 2013; MARTINS et al., 2013). Ela é fator importante no desenvolvimento de software e sítios para internet que pode gerar impacto negativo caso seja negligenciada. A dificuldade de uso de um software ou sítio faz com que as pessoas deixem de utilizá-lo. Esta dificuldade pode ocorrer de várias formas, como por exemplo, quando não se consegue encontrar a informação que se busca, quando o usuário se perde na navegação da interface, ou ainda, quando o sistema não corresponde aos anseios, necessidades e questionamentos do usuário, dentre outros (NIELSEN, 2000, 2012).

Os problemas podem ocorrer em várias situações, como: no modelo empresarial, quando um sítio é tratado como uma brochura de marketing, ao invés de algo que agregará valor à empresa por modificar a forma pela qual os negócios podem ser feitos; com relação ao gerenciamento de projetos, quando um projeto é gerenciado com foco nas funcionalidades ignorando o usuário e suas reais necessidades; com relação à arquitetura da informação, quando o sistema é estruturado de acordo com a própria estrutura da empresa; com relação ao *design* de página quando se coloca maior foco no *design* daquilo que é belo, nas páginas, deixando de lado elementos fundamentais tais como informações e funcionamento; com relação à autoria de

conteúdo ocorre quando se insere conteúdos nas páginas do sítio de forma tradicional linear, não levando em consideração as navegações hipermidiáticas.

A usabilidade é o conceito de qualidade relacionado ao uso de um sistema na realização de atividades. Sua aplicação permite identificar vários problemas e possibilitar que os desenvolvedores possam rever seus produtos visando a melhoria da qualidade final (CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013; MARTINS et al., 2013; CYBIS, BETIOL e FAUST, 2015).

Um atendimento parcial das necessidades apontadas pela usabilidade num sistema pode trazer dificuldades para o usuário (navegação, memorização, acesso e entendimento adequado das informações disponibilizadas) e impactar negativamente a qualidade do sistema (software ou sítio) gerando insatisfação, abandono do uso ou utilização incorreta.

Um dos fatores de usabilidade é a satisfação, elemento subjetivo e relacionado às emoções e sentimentos do usuário e pode ser extremamente relevante para que o usuário aceite a utilização constante de um sistema (CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013; OLIVEIRA e LIMA, 2013).

Caso o usuário fique insatisfeito no uso de um sistema, a tendência é que ele o abandone. No caso em que ele seja obrigado a utilizar o sistema, sua insatisfação o desmotivará na execução de suas tarefas na ferramenta e poderá dificultar o entendimento da relação existente entre a simulação e a realidade.

Desta forma, a avaliação de usabilidade é elemento relevante na obtenção de sistemas de melhor qualidade, possibilita manter a sobrevivência no mercado das empresas responsáveis pela comercialização de simuladores de jogos e aumenta as chances de atingir os objetivos pedagógicos no uso de simuladores pelas instituições educacionais que fazem uso deste tipo de ferramenta.

A avaliação de usabilidade de jogos de empresas é importante, uma vez que permite identificar espaços de correções e melhorias nos simuladores e, assim, facilitar o atendimento dos aspectos pedagógicos que é a prática simulada de conceitos de gestão corporativa.

Um dos problemas enfrentados pelas instituições de ensino numa possível avaliação de usabilidade de jogos de empresa seria a indisponibilidade de profissionais da área de interação humano-computador (IHC). Por outro lado, estas instituições têm a seu dispor professores (que aplicam o simulador) e alunos (que o utilizam), o que possibilita a coleta de dados quantitativos

para aplicação do processo proposto neste trabalho. Este processo lida com a dificuldade da indisponibilidade dos profissionais (de IHC) ao utilizar os recursos humanos disponíveis nas instituições, o que possibilita realizar pesquisas que permitem coletar dados quantitativos e qualitativos sobre a usabilidade de simuladores.

O autor deste trabalho trabalha com desenvolvimento de sistemas desde 1986 e teve a oportunidade de acompanhar a evolução das interfaces de sistemas (softwares de computadores e sítios de internet) nas últimas décadas. Durante sua carreira, ele desenvolveu e coordenou o desenvolvimento de sistemas para diversos dispositivos (computadores com telas monocromáticas, computadores com telas gráficas, computadores de mão, *tablets*, smartphones, coletores de dados, impressoras de termo-transferência, etc.), por meio de várias tecnologias (linguagens de programação, bancos de dados, programação para internet, para dispositivos móveis, etc.). Além da criação dos sistemas e suas respectivas interfaces, ele também ministrou dezenas de treinamentos para diversos usuários, no Brasil e no exterior.

Desde 2006, quando ingressou na carreira docente da área de Informática e Administração de Empresas, o autor do presente trabalho atua como professor responsável pela aplicação de jogos de empresas.

No decorrer de sua experiência profissional, percebeu que o funcionamento de sistemas (e suas características) muitas vezes impactava de forma direta e negativa na percepção da qualidade por seus usuários em função de dificuldades e problemas enfrentados tais como o não entendimento dos dados e funcionalidades disponibilizadas, a inserção incorreta de dados na interface, a perda de prazos, a dificuldade em lidar com erros, dentre outros problemas.

Em virtude disto, durante este estudo, o autor se dedicou às questões de usabilidade e propôs um processo para avaliar a qualidade de simuladores de jogos de empresas de forma que as partes envolvidas no seu uso (instituição educacional, professor, fornecedor, etc.) possam ter uma forma de mensurar a qualidade de um simulador de jogos de empresa, o que permitirá buscar formas de melhorar o produto em uso, ou comparar a qualidade em termos de usabilidade com outros simuladores visando uma eventual tomada de decisão (seleção ou troca de ferramenta).

Foi efetuada uma pesquisa com alunos e professores de jogos de empresas de um curso de pós-graduação, numa instituição educacional brasileira, para a aplicação, verificação e validação deste processo. O processo proposto por este trabalho buscou efetuar uma avaliação de usabilidade quantitativa de jogos de empresas que é uma forma de se chegar a uma nota

(pontuação) relacionada à qualidade de um sistema. Uma nota obtida num aspecto de usabilidade pode evidenciar que tal aspecto está sendo adequadamente atendido pelo simulador, ou que existem necessidades urgentes de ajustes e melhorias. O processo em questão prevê a ponderação das heurísticas de usabilidade para auxiliar o professor no desenvolvimento de uma análise da qualidade diferenciada do simulador, com base em contextos onde determinado aspecto de usabilidade seja mais ou menos relevante. Com isto, ele pode identificar o simulador que melhor se adequa a uma situação e, assim, efetuar uma tomada de decisão, que pode ser negociar com o fornecedor maneiras para melhorar aspectos de qualidade do software em uso ou decidir pela aquisição de um simulador que apresente uma melhor qualidade.

Objetivo

O objetivo principal deste estudo foi propor a construção e validação do uso de um processo de avaliação de usabilidade de jogos de empresas.

Os objetivos específicos foram:

- a) Fazer pesquisa bibliográfica para dar suporte à construção do processo proposto.
- b) Efetuar a construção de proposta do processo.
- c) Aplicar o processo num estudo piloto.
- d) Avaliar os resultados e efetuar eventuais ajustes.
- e) Aplicar o processo numa pesquisa final.

Organização

O presente trabalho está organizado em uma introdução e descrição do problema, a fundamentação teórica, a metodologia de pesquisa, o desenvolvimento do processo de avaliação proposto, o processo realizado, a discussão e a conclusão.

A contextualização fez a introdução do tema e apresentou os objetivos.

O primeiro capítulo apresenta a fundamentação teórica abordando os jogos de empresas (simulação) em gestão corporativa, bem como a interação humano-computador e os aspectos de usabilidade presentes nos processos de software. Apresenta ainda aspectos relacionados à avaliação de usabilidade e a tomada de decisão que foram considerados no processo proposto.

O segundo capítulo apresenta a metodologia de pesquisa aplicada e descreve como o processo proposto foi construído.

O terceiro capítulo apresenta o processo proposto para avaliação de usabilidade em jogos de empresas, discussões e resultados verificados sobre o estudo desenvolvido.

O quarto capítulo apresenta os resultados da pesquisa e discorre sobre como foi feita a aplicação e validação do processo proposto e as discussões finais.

Por fim é apresentada a conclusão com os dados da pesquisa realizada.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho foi feita com base em estudo bibliográfico em jogos de empresas e sua importância na educação, sobre a área de interação humano-computador com aspectos relacionados à usabilidade da interface de software, de sítios de internet, das heurísticas e testes de usabilidade e da tomada da decisão.

Em maio de 2017 foi refeita a pesquisa bibliométrica no portal CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). O portal CAPES é uma base virtual que disponibiliza grande acervo de material de cunho científico internacional, advindos de centenas de bases e pode ser acessado por alunos, professores, pesquisadores e interessados em pesquisa (CAPES, 2017). Os termos pesquisados foram avaliação (*evaluation*), usabilidade (*usability*), AHP e jogos de empresas (*business game*), todos estes relacionados com o trabalho desenvolvido, conforme exibido na tabela 1.

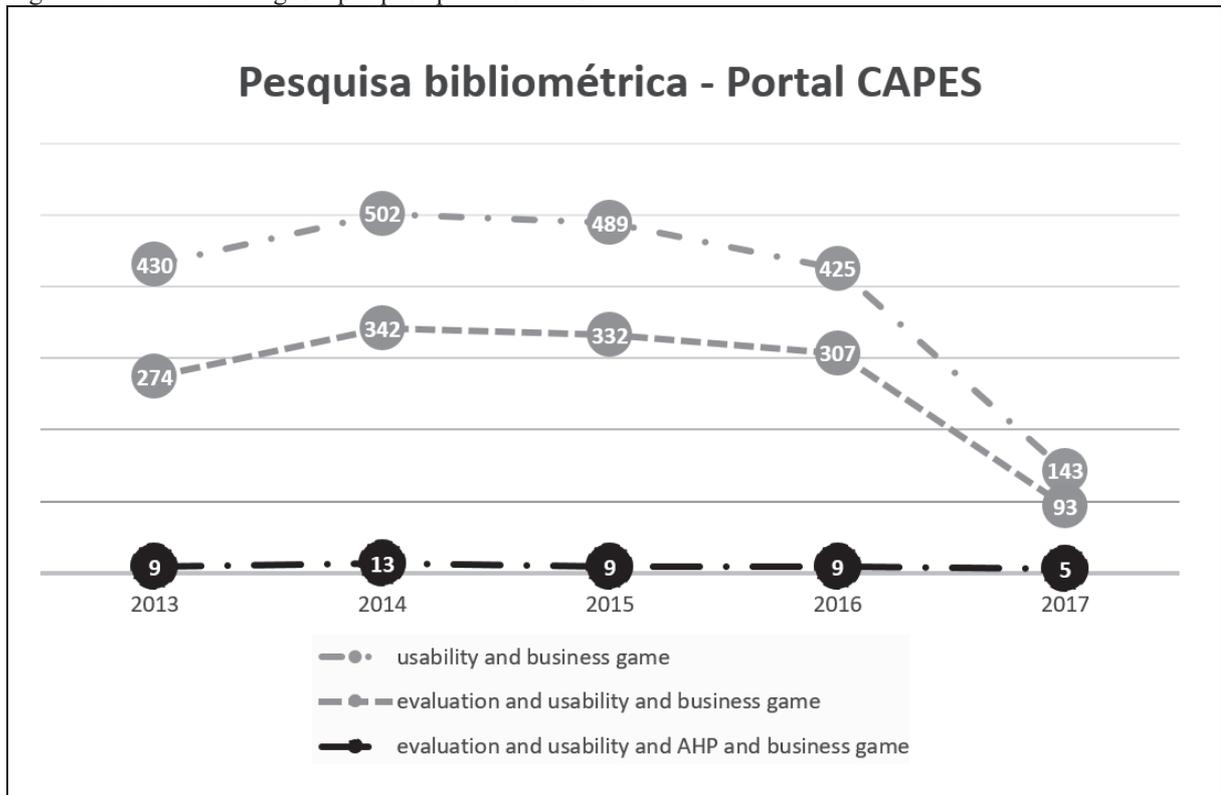
Tabela 1: Termos pesquisados no portal CAPES

Ano	usability and business game	evaluation and usability and business game	evaluation and usability and AHP and business game
2013	430	274	9
2014	502	342	13
2015	489	332	9
2016	425	307	9
2017	143	93	5
TOTAL	1989	1348	45

Fonte: O autor

É possível notar que após um aumento no número de artigos científicos produzidos relacionados às buscas efetuadas (2013 a 2014), o mesmo vem se reduzindo (2014 a 2017). Verificou-se também o baixo número de artigos publicados que tem como palavras-chave avaliação (*evaluation*), usabilidade (*usability*), AHP e jogos de empresas (*business game*), conforme apresentado na figura 1.

Figura 1: Número de artigos – pesquisa portal CAPES



Fonte: O autor

Em seguida foi efetuada uma inspeção dos resumos dos artigos encontrados com base na pesquisa dos termos “*evaluation and usability and AHP and business game*”. Verificou-se que a maioria dos artigos encontrados não tem relação com o assunto deste trabalho, com exceção de 3 trabalhos, publicados nos anos de 2.013 a 2.015.

Jogos de empresas caracterizam um dos elementos importantes neste trabalho e a pesquisa bibliográfica efetuada é apresentada a seguir.

1.1 Jogos de empresas

É importante apresentar uma visão geral dos jogos de empresas e seu estado de arte, situando os tipos de jogos que podem ser alvo do tipo de avaliação proposto.

No processo de simulação de ambientes corporativos, o aluno desenvolve e aplica conceitos, técnicas e análises de gestão empresarial, elementos que são abordados em sala de aula e aplicados dentro do jogo.

Jogos de empresas refletem a realidade corporativa com alto grau de similaridade do dia a dia das organizações, com foco em situações cotidianas, onde os estudantes identificam pontos fortes e fracos da organização, e por meio de observação, reflexão e análise, aplicam teorias e técnicas na tomada da decisão para resolução de problemas (BLAŽIČ e BLAŽIČ, 2015; FITÓ-BERTRAN et. al, 2015).

Em função da complexidade envolvida nas simulações empresariais, é comum encontrarmos ferramentas que facilitem a criação de equipes compostas por alunos, que se reúnem para gerir uma empresa, dentro de um clima de cooperação e competição, concorrendo com empresas formadas por outras equipes de alunos.

As simulações são baseadas nos mecanismos de funcionamento das organizações e sua interação com o meio em que operam, com foco em negócios em particular, priorizando e simulando várias áreas funcionais tais como Planejamento, Finanças, Comercial, Marketing, Administração Geral, Contabilidade, Recursos humanos, dentre outras (FITÓ-BERTRAN et. al, 2015; MOTTA, QUINTELLA e MELO, 2014; DIAS, SAUAIA e YOSHIZAKI, 2013).

No foco de uma simulação está uma equipe de alunos que atua de forma ativa e é usualmente liderada por um de seus integrantes que dirige o trabalho e orienta o estudo em conjunto com seus colegas (KIRILLOV et al., 2016).

Os alunos se reúnem em equipes e cada uma torna-se responsável por uma empresa. Cada membro (aluno) assume o papel de gestor de uma área tornando-se responsável por um conjunto de tomadas de decisões da área assumida, assim aplicando conhecimentos assimilados em diversos cursos tais como engenharia de produção, administração de empresas, etc., numa simulação de gestão corporativa que imita comportamentos e situações encontradas no dia a dia das indústrias e empresas (SCHAFRANSKI e TUBINO, 2013; GRECO, BALDISSIN e NONINO, 2013; KIRILLOV et al., 2016).

Esta prática simulada permite uma aproximação da teoria com a realidade, especialmente quando o jogo gera situações que variam conforme as decisões tomadas, criando cenários diferentes baseados nas múltiplas possibilidades de decisões envolvendo as equipes participantes.

Neste processo, faz-se a necessidade dos alunos reverem suas decisões e estratégias, adaptando-as em função da mudança do ambiente, gerando com isso cenários dinâmicos, durante as jogadas, que impacta todas as empresas na simulação.

Durante o jogo surgem situações que podem trazer diferenciações competitivas para as equipes envolvidas, permitindo a existência de cenários complexos e derivados das relações que ocorrem entre as tomadas de decisões e as novas decisões, que variam a cada jogo.

Este tipo de simulação permite que os estudantes desenvolvam seu potencial, por meio de um aprendizado experimental, aproximando-se ao processo corporativo de decisão, porém, num ambiente onde o risco de um erro real não é assumido pelos alunos (FITÓ-BERTRAN et. al, 2015).

Isto mostra como é importante que tais ferramentas continuem em evolução para atendimento dos diversos públicos e cenários do ambiente organizacional.

Os elementos principais encontrados na aplicação de um jogo de empresas são apresentados na figura 2.

Figura 2: Estrutura de funcionamento de jogo de empresas.



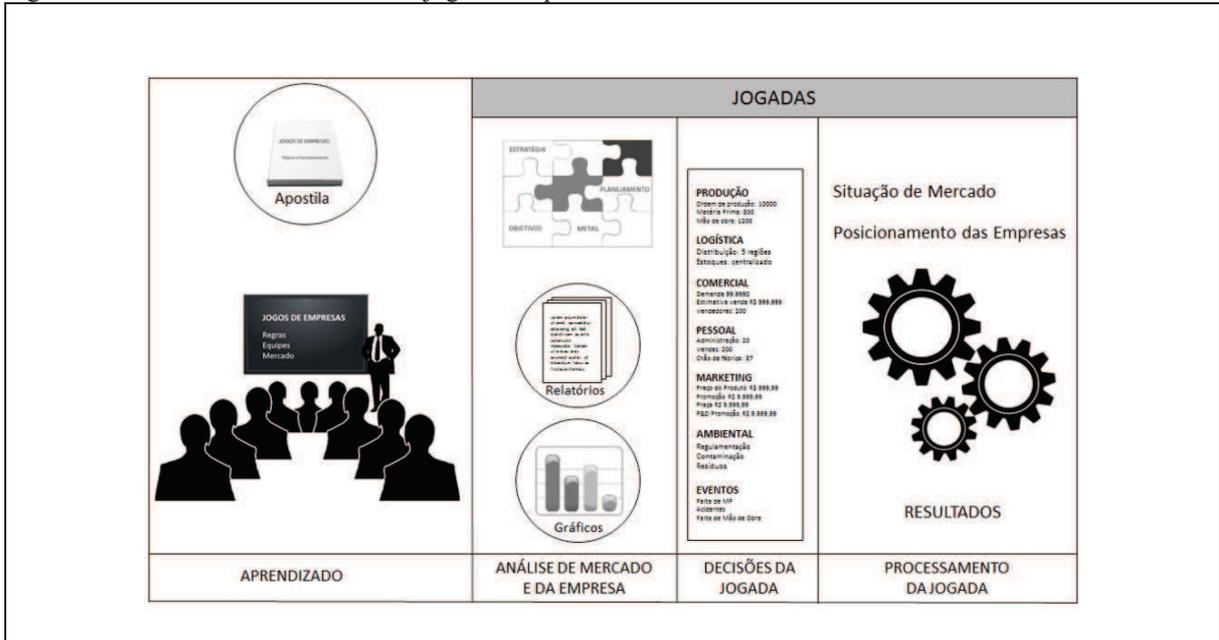
Fonte: Adaptado de Sauaia, 2015

Conforme verificado na figura 2, um simulador usualmente apresenta um caso empresarial baseado num contexto onde os participantes se reúnem em equipes assumindo uma empresa.

Os alunos estudam as regras do jogo, analisam o ambiente (a própria empresa e concorrentes), tomam um conjunto de decisões numa jogada e com base nos resultados obtidos e fazem uma reflexão, revendo ou repetindo as estratégias tomadas para um novo ciclo do jogo (SAUAIA, 2015).

O ciclo de vida de um jogo de empresas é mostrado na figura 3, onde é possível visualizar as fases que caracterizam os momentos da simulação do jogo.

Figura 3: Fases do ciclo de vida de um jogo de empresas



Fonte: O autor

Na fase de aprendizado os alunos têm acesso às informações da simulação, tais como as regras de funcionamento, o mercado, as empresas, como as equipes serão compostas, dentre outras informações. Os alunos usualmente recebem uma apostila e em alguns casos é possível já ter acesso ao simulador para um primeiro acesso à ferramenta. Algo comum nesta fase é a definição das equipes e de quem será responsável por cada diretoria da empresa constituída.

Na fase de análise de mercado e da empresa, os alunos analisam os dados (mercado e empresa) por meio de relatórios e gráficos disponibilizados e devem ter como objetivo a elaboração de uma estratégia, que leve em consideração os objetivos e metas a serem alcançados dentro da simulação. Durante este processo, análises econômicas devem ser conduzidas pela equipe com base em relatórios de mercado e da própria empresa, providos pelo simulador.

Durante as decisões da jogada, os alunos têm um tempo definido para estudo e análise do mercado e da empresa culminando com a inserção das decisões da jogada atual no simulador.

As apostas estratégicas refletem a visão dos alunos sobre o mercado e a capacidade da empresa (equipe) de competir. Algumas são baseadas em elementos incertos e desconhecidos, como as decisões dos concorrentes que impactam nos resultados verificados pelos participantes. Os indicadores de desempenho fornecidos pelo simulador trazem os resultados obtidos em função das tomadas de decisões, dentro do contexto simulado.

A simulação busca aproximar uma realidade (fenômeno real) de forma maleável e precisa. Ela pode ser considerada como um meio seguro de treinamento (CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013) na medida em que alcança este objetivo.

Muitos simuladores trabalham com o conceito de ano fiscal, definindo jogadas que variam conforme os meses de um ano ou conforme trimestres, o que torna necessário um planejamento de todas as atividades futuras, que serão ajustadas conforme os resultados verificados durante as jogadas. É natural ocorrer eventuais revisões estratégicas conforme oportunidades e/ou dificuldades apresentadas durante as jogadas.

Na fase de processamento da jogada, o simulador calcula todas as variáveis e relações com base em critérios e análises das decisões tomadas pelas equipes na jogada atual. Ele leva em consideração um grande conjunto de dados, como a situação atual de mercado, suas necessidades, oportunidades e eventos que podem ocorrer (exemplo: falta de matéria prima, aumento do dólar, queda de barreira em rodovias, etc.) que impactem nas estratégias e decisões tomadas por empresas numa jogada.

As decisões tomadas pelas empresas geram respostas do mercado (preço de produtos, quantidades em estoque, investimentos em marketing, etc.) e influenciam nos resultados obtidos da jogada. Após o processamento ter sido finalizado, o simulador libera os resultados que podem ser analisados pelos alunos de forma se prepararem para a próxima jogada.

A globalização e a Internet trouxeram novas tecnologias da informação e novos processos que alteram as práticas de negócios. As indústrias ficaram mais competitivas, criando um ambiente complexo e muito competitivo. Neste contexto, o treinamento torna-se parte indispensável de adaptação e mudança. As empresas tornam-se mais enxutas e planas e têm menos vagas para aprendizado, de forma que elas precisam treinar gerentes por meio de métodos institucionalizados. Para se ter sucesso é preciso inovar. Inovação com sucesso requer liderança, trabalho em equipe, gestão de projetos, estratégia efetiva e bom gerenciamento de risco, características estas que requerem treinamento em gerência e, assim, um pré-requisito para o sucesso.

Alianças estratégicas são essenciais na busca do objetivo do negócio e ocorrem de forma incremental e com frequência crescente. Elas costumam ser de difícil gerência, de maneira que as empresas utilizam o treinamento para aumentar as chances de sucesso destas alianças.

Desta forma, jogos de empresas são importantes, pois trazem simulações de negócios similares à realidade atual, por meio de interfaces que permitem a consulta e inserção das decisões usualmente encontradas em vários contextos corporativos.

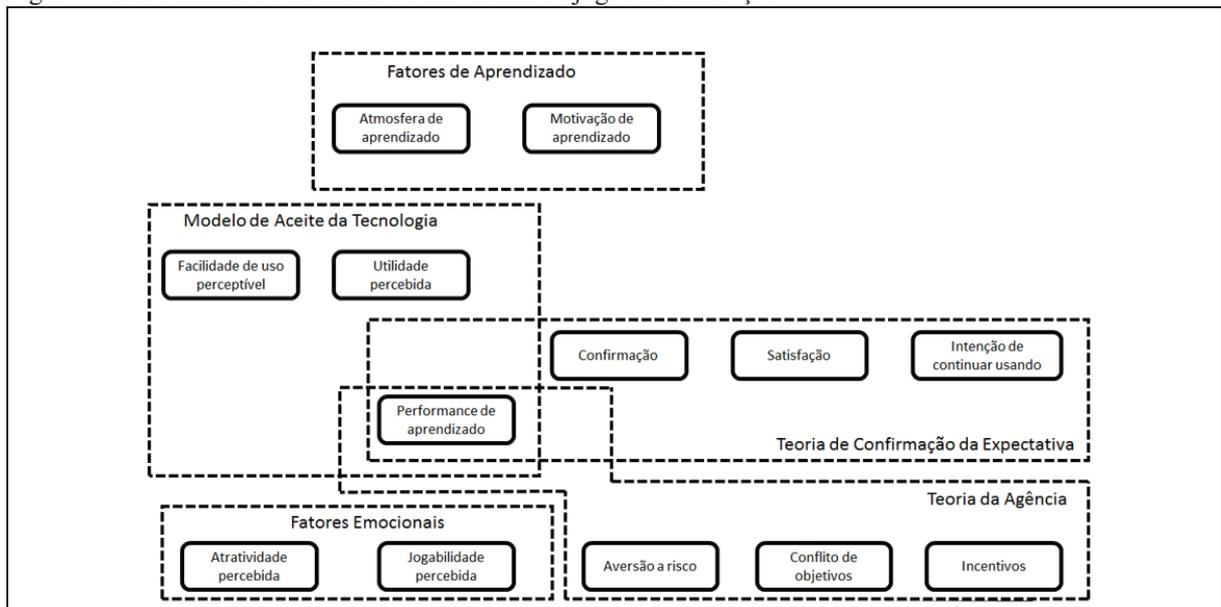
Já que o ambiente é simulado, o aluno tem condições de assimilar novos conhecimentos e desenvolver seu aprendizado sem arcar com o ônus de resultados negativos por decisões tomadas incorretamente.

1.2 Simuladores na educação em gestão corporativa

Quando o aluno (graduação e pós-graduação) utiliza os jogos de empresas como ferramentas de aprendizado, ele desenvolve suas habilidades de forma ativa, obtendo assim novos conhecimentos e competências, o que não acontece com a forma passiva de assimilação de conhecimento (BLAŽIČ e BLAŽIČ,2015; FITÓ-BERTRAN et. al, 2015).

A figura 4 apresenta um modelo desenvolvido por Tao, Cheng e Sun (2009), que busca entrelaçar elementos diversos que impulsionam os estudantes quanto ao uso dos simuladores de jogos empresariais.

Figura 4: Uso continuado do modelo educacional de jogos de simulação



Fonte: Adaptado de Tao, Cheng e Sun, 2009

Neste modelo, diversas camadas se entrelaçam e geram o efeito verificado (de impulso).

Os fatores de aprendizado compreendem uma atmosfera de aprendizado, que deve ser propícia para se alcançar a assimilação de diversos tipos de conteúdo, conceitos e técnicas.

No modelo de aceitação da tecnologia se percebe facilidade ou dificuldade na utilidade e utilização da tecnologia empregada para atendimento dos objetivos esperados.

A teoria da confirmação da expectativa é composta pela performance de aprendizado, onde o aluno percebe (e confirma) a evolução pedagógica obtida, obtém satisfação (parcial, integral) no uso da ferramenta e onde é possível verificar a intenção de continuidade de uso do jogo.

Na teoria de agenciamento se desenvolve as hipóteses de que incentivos para uso de um simulador de jogos de negócios têm diferentes impactos na performance de aprendizado.

A geração de incentivos (prêmios, reconhecimento, etc.) incentivam a participação e o esforço do aluno para melhor posicionamento na simulação.

A existência de objetivos diferentes gera conflitos que permitem o desenvolvimento de habilidades diversas.

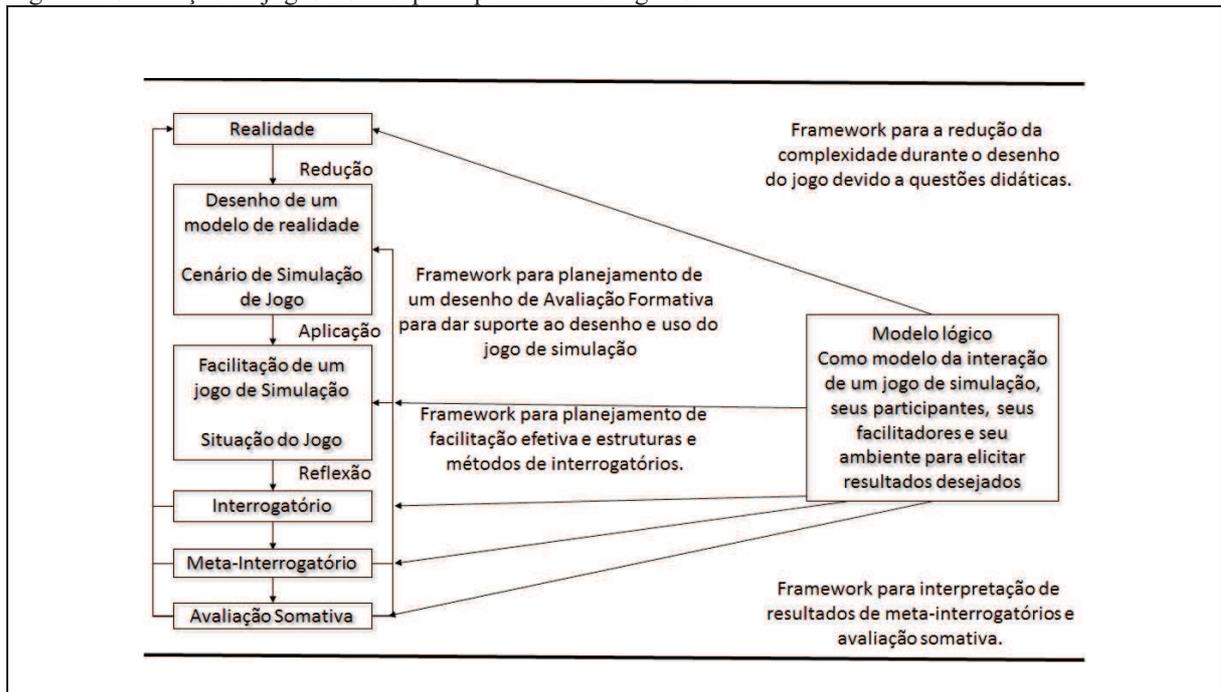
A percepção da aversão ao risco é desenvolvida na medida em que os alunos tem a percepção de que uma tomada de decisão inadequada pode fazer com que haja algum tipo de perda na simulação.

Os fatores emocionais tratam da atratividade percebida durante o jogo, uma vez que os alunos desenvolvem maturidade e habilidades diversas.

O nível cognitivo de satisfação no jogo permite verificar se os alunos atingem sua máxima possibilidade e em caso positivo (alta satisfação) serve como incentivo para o estudo contínuo.

Kriz e Hense (2006) apresentam na figura 5 um *framework* (estrutura) para operacionalização e medição (interpretação) de variáveis como indicadores de sucesso do jogo de simulação, o qual também pode ser usado para otimização continuada do desenvolvimento e implementação do simulador no sentido de evolução formativa.

Figura 5: Simulação de jogos e seu suporte por modelos lógicos



Fonte: Adaptado de Kriz e Hense, 2006

Este *framework* espelha uma situação factível e aplica o processo de redução da complexidade da realidade de forma a permitir a assimilação e entendimento do contexto, por meio de um retrato (desenho) de um modelo limitado de realidade que leva em consideração algo possível de ser simulado.

O cenário de jogo define as regras de funcionamento da simulação dentro da realidade planejada. Ao ser aplicado, ele deve facilitar o acesso e entendimento da simulação com dados e funcionalidades que permitam a tomada da decisão.

A situação do jogo traz dados do cenário atual, permitindo o desenvolvimento de uma análise reflexiva sobre o que está acontecendo ou preditiva, sobre o que pode vir a acontecer.

Tal reflexão deve ser passível de ser implementada por interrogatório, quando se questionam os resultados, buscando relacionar causa-efeito e, assim, auxiliar no entendimento do que ocorreu para melhorar a futura tomada de decisão.

A análise de situações práticas, quando em conjunto com um estudo de caso caracteriza um método que objetiva inocular nos estudantes diversas habilidades que lhes permitam analisar uma situação em particular, estruturar as informações, buscar a melhor solução para atingir determinado objetivo (KIRILLOV et al., 2016).

A simulação usualmente prevê uma avaliação somativa que reflete uma síntese de aprendizagem e propõe analisar o resultado global quanto ao que o aluno conseguiu aprender no processo.

O uso de jogos de empresas é cada vez mais relevante no treinamento gerencial e tem crescido progressivamente, principalmente em instituições acadêmicas (escolas, universidades e associações profissionais), uma vez que estudantes desenvolvem habilidades e competências além das adquiridas por metodologias que utilizam meios *on-line* ou presenciais (FITÓ-BERTRAN et. al, 2015).

A busca pelo sucesso de um software deve levar em consideração a facilidade de seu uso e do aprendizado de sua interface, elementos base da interação humano-computador, tratada a seguir.

1.2.1 Simuladores brasileiros de jogos de empresas

Antes do advento da tecnologia, os jogos de empresas eram desenvolvidos por meio de uso de papel, caneta e eventual uso de cenários criados manualmente. Com a inserção da tecnologia em nosso cotidiano, jogos de empresas começaram a aparecer em forma de planilhas Excel e softwares.

Após o advento da Internet e com sua popularização e facilidade de conexão, diversos fabricantes passaram a oferecer jogos de empresas em formato de sítios.

Uma busca feita em março de 2017 no sítio brasileiro da empresa Google (www.google.com.br) usando as palavras “jogos de empresas” resultou em 548 mil entradas e permitiu identificar uma grande quantidade de fornecedores de simuladores gerenciais. O autor deste trabalho selecionou cinco simuladores bem conhecidos no mercado brasileiro, com base em sua experiência profissional, que são apresentados, a seguir, para exemplificar os jogos de empresas brasileiros e suas principais características.

- a) Andros Coliseum (disponível em <http://simuladorcoliseum.com.br>)

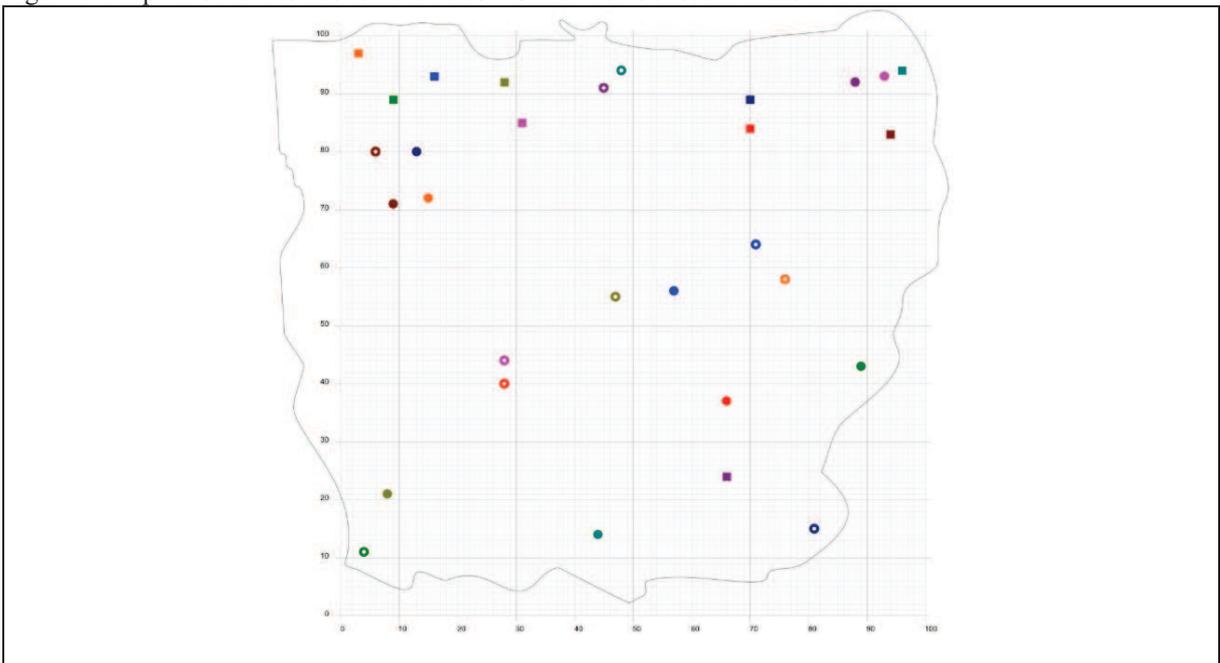
A Andros Treinamentos e Simulações é responsável pelos simuladores Coliseum, conjunto de simuladores que aborda os setores industrial, comercial e de serviços.

Localizada na cidade de Curitiba (Paraná), a Andros opera desde 2.001 com uma equipe de consultores, professores e especialistas em várias áreas atendendo o mercado nacional e oferecendo simuladores que atendem os setores industrial, comercial e de serviços.

Em seus simuladores são disponibilizadas informações e funcionalidades que tratam de aproximar a teoria em gestão industrial e corporativa aplicada em sala de aula da realidade das empresas.

Na figura 6 é possível verificar um exemplo de disponibilidade de informações e funcionalidades, por meio do “Mapa de Cidades”, funcionalidade do simulador de indústria de colchões. Ela é apresentada durante o jogo para que a equipe de alunos possa analisar de forma visual a distância da empresa e algumas características de fornecedores para a tomada da decisão relacionada à logística de entrega.

Figura 6: Mapa das cidades dos fornecedores – Simulador Coliseum Industrial



Fonte: Andros Treinamentos e Simulações, 2017

Outro exemplo encontra-se na figura 7, que apresenta uma interface para a escolha do bairro e das características da infraestrutura da escola que será criada.

Esta escolha deve ser feita na fase inicial do jogo pela equipe de alunos para que eles decidam qual será o perfil (local, estilo, tamanho e estrutura física) da escola de idiomas que será criada no simulador.

Figura 7: Localização e estrutura da escola – Simulador Coliseum Escola de Idiomas



Fonte: Andros Treinamentos e Simulações, 2017

Além dos simuladores Coliseum para a área industrial (Indústria de Colchões) e para o setor de serviços (Escola de Idiomas), a Andros também fornece simuladores para a área comercial (Loja de Filtros, Loja de Colchões e Loja de Capotas).

b) Bernard Simulação Gerencial (disponível em <http://www.bernard.com.br>)

Desde 1992 no mercado de desenvolvimento de soluções para simulações, a Bernard Simulação Gerencial atende um público variado, passando pela área acadêmico, corporativa e oferecendo torneios para interessados em geral. Seus simuladores atuam nos mercados industrial, comercial, de serviços, bancários, seguradoras e de agronegócios.

c) LDP (disponível em <http://www.ldp.com.br>)

A LDP é uma empresa estabelecida na cidade de Londrina (Paraná) que atua desde 2002 oferecendo soluções de simulações para o mercado acadêmico e corporativo. Ela oferece 4 simuladores de diferentes abordagens. O SDE (Simulação de Estratégia), por exemplo, permite planejar todo o ciclo de um negócio, desde abertura de uma indústria de tamanho e localidade definidos, o planejamento de alocação de recursos humanos, físicos e financeiros, nas várias

fases de construção da fábrica e implementação do negócio, até o momento em que a empresa está plenamente operacional atuando comercialmente por meio da venda de seu produto. Outros simuladores são o SES que simula a estratégia com foco em sustentabilidade, o SPP, que simula o planejamento de produção e o SOE, que permite a simulação de orçamento empresarial.

d) Simulare (disponível em <http://simulare.com.br>)

A Simulare é uma empresa localizada na cidade de Florianópolis (Santa Catarina) e atua desde 2008 com simulações de gestão de negócios disponibilizando soluções para as áreas acadêmica e corporativa. Seus simuladores foram inicialmente desenvolvidos por um grupo de pesquisa do laboratório de jogos de empresa do departamento de engenharia de produção da universidade federal de Santa Catarina. Seus simuladores disponibilizam cenários diversos com diferentes níveis de complexidade nos segmentos de indústria, comércio e serviços.

e) Simulation (disponível em <http://www.simulation.com.br>)

Localizada na cidade do Rio de Janeiro, a Simulation oferece há 4 décadas soluções em simulações de jogos empresariais para instituições acadêmicas, empresas e instituições em geral. Seus produtos abordam as áreas industrial, comercial e de serviços, alguns dos quais com forte foco em sustentabilidade.

Como é possível perceber, no modelo e *framework* apresentados, é importante nos simuladores oferecidos que eles sejam fáceis de serem utilizados, uma vez que certas dificuldades podem limitar seu uso, ou não permitir que seus usuários atinjam seus objetivos. Uma das formas de melhorar esta facilidade de uso é aprimorar o processo de interação entre o usuário e os simuladores de jogos de empresas. A seguir, são apresentados estudos feitos sobre a área de Interação Humano-Computador com esta finalidade.

1.3 Interação Humano-Computador (IHC)

IHC é uma área de estudos que visa identificar e lidar com questões relacionadas ao uso de sistemas computadorizados (dispositivos e aplicações) pelos seres humanos.

Nos primórdios da utilização da computação até o final dos anos 70s, o foco dos estudos da interface era baseado no funcionamento do conjunto software-hardware e a informática era

uma área considerada de domínio exclusivo de especialistas ou aficionados, porém, o lançamento do computador pessoal, que permitiu a criação de vários tipos de softwares (planilhas, editores de textos, aplicativos de gestão, sistemas operacionais, jogos, etc.), tornou o uso do computador acessível a um grande número de pessoas (CARROLL, SOEGAARD e FRIIS, 2014; MORAIS e LOPER, 2014).

No início da computação, o usuário precisava se adaptar ao sistema do jeito que ele foi projetado, mas, na medida em que a tecnologia da computação tornava-se acessível a um maior número de pessoas não especialistas na área, o usuário começou a se tornar parte relevante nos estudos para desenvolvimento de melhores sistemas (MORAIS e LOPER, 2014; GASPARINI, KIMURA e PIMENTA, 2013).

A área de IHC se desenvolveu de forma relevante, principalmente após os problemas apresentados na crise do software dos anos 70s (metodologia de desenvolvimento de software conhecida como Cascata), quando se constatou a grande dificuldade no desenvolvimento e gestão de sistemas, motivo pelo qual iniciou-se a inserção de requisitos não funcionais, tais como usabilidade e manutenibilidade, bem como a revisão do processo de desenvolvimento de software, a prototipação interativa e a execução de testes empíricos (CARROLL, SOEGAARD e FRIIS, 2014). No Brasil, a área de IHC iniciou-se ao final dos anos 80 e início dos anos 90 por meio de cursos de graduação tendo se desenvolvido de forma relevante e evoluído por meio da oferta de cursos em vários níveis (PRATES e FILGUEIRAS, 2011).

O objetivo da área de IHC é estudar fenômenos de comunicação entre pessoas e sistemas computacionais nas interfaces, envolvendo aspectos relacionados à interação entre usuários e sistemas, de forma a torna-los úteis e utilizáveis (CARROLL, 2003; OLIVEIRA e LIMA, 2013) e também trata do atendimento de necessidades tanto práticas quanto educacionais. Busca-se entender tais necessidades em termos das perspectivas dos usuários de sistemas, em diversos contextos, com indivíduos que atuam em equipes ou sozinhos, em projetos de tamanhos e complexidades variadas, usando diversos tipos de tecnologias (BENYON, 2011).

O campo de estudos da interação humano-computador evoluiu consideravelmente com a percepção das dificuldades da interação entre o usuário e o sistema, da insatisfação do usuário quanto às características da aplicação (funcionalidades, estética, tempo de resposta, etc.), bem como com a criação de dispositivos e melhorias que facilitaram esta interação, como o mouse e as interfaces gráficas (KIM, 2015).

Benyon (2011) ressalta o fato de que os usuários enquanto seres humanos são sociais de maneira que é necessário levar em consideração as ciências sociais para desenvolvimento de abordagens que permitam melhor uso da tecnologia.

O estudo da utilização de interfaces computadorizadas passa por diversas áreas do conhecimento humano, dentre elas a Tecnologia da Informação (funcionamento, aceitação e assimilação do uso de tecnologia), a Psicologia, em função das características da interface e a representação do significado de seus elementos no mundo real e da Ergonomia, que trata do estudo das interações entre as pessoas e elementos de um sistema buscando o bem estar geral, e o melhor desempenho do sistema e da comunicação que objetiva passar dados e informação para a tomada da decisão pelo usuário (CARROLL, SOEGAARD e FRIIS, 2014; KUUTTI e BANNON, 2014).

Devem ser considerados os objetivos do projetista responsável pelo desenvolvimento do sistema, em conjunto com as perspectivas dos usuários que usem um sistema sozinhos ou em equipe, nos vários contextos de uso, complexidades e tecnologias envolvidas.

Ao estudar a resposta do usuário no uso de um sistema (interação) é possível buscar compreender problemas e, assim, efetuar os ajustes necessários na aplicação para que ela atinja seus objetivos (KIM, 2015).

Esta grande abrangência de áreas interligadas expõe a complexidade deste campo de estudos que é de grande importância, visto que ele permite a criação de modelos abstratos para melhor estudar e entender as facilidades e dificuldades da utilização de sistemas computadorizados pelos seres humanos.

IHC se desenvolveu de forma relevante, especialmente em função de problemas apresentados pela metodologia de desenvolvimento de software conhecida como Cascata.

Em geral, apenas próximo ao fim do método Cascata é que havia envolvimento de fatores humanos, já que estes não participavam das decisões tomadas em fases anteriores e quando ocorria este envolvimento, geralmente culminava com decisões apenas estéticas do produto desenvolvido (CARROLL, 2003). Desta forma, o desenvolvimento de sistemas ignorava as necessidades dos usuários, já que era feito usualmente por pessoas que trabalhavam há anos com programas e jogos pessoais (engenheiros e programadores), que desconheciam ou esqueciam-se das dificuldades que as pessoas leigas no uso de um sistema apresentavam (BENYON, 2011; CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013).

A IHC deve ser considerada em vários momentos do ciclo de vida, na concepção do sistema, onde os objetivos do projeto podem ser mapeados quanto às suas interfaces, que são de diversos tipos (de entrada de dados, de consulta, de navegação e de acesso às funcionalidades do sistema).

Durante o planejamento do sistema, onde é possível prever etapas onde a interface pode ser testada e adequada, quanto aos objetivos do sistema.

Durante o desenvolvimento do sistema, identificando os recursos e locais onde os ajustes são necessários.

Na implantação do sistema, onde é possível prever marcos de avaliação e testes de funcionamento.

Na integração do sistema, onde as partes aos poucos se tornam mais complexas e podem interferir com o grau de entendimento e uso do sistema.

Na homologação do sistema, onde as partes do sistema são oficialmente entregues.

Na manutenção do sistema, que permite ajustar características e funcionalidades do sistema frente a novas demandas (legais, regulatórias, de mercado e do negócio).

Por fim, até na desativação, que se caracteriza por um eventual momento do sistema, onde rotinas precisam ser executadas, dados copiados e até destruídos, objetivando a interrupção do funcionamento do sistema.

A importância do envolvimento dos usuários nas atividades de forma direta ou indireta é destacada nos processos de *design* de IHC, pois a quantidade de computadores, sistemas e usuários não para de crescer, ocorrendo cada vez mais de forma inclusiva e democrática e em diversos espaços, inclusive permitindo o acesso a sistemas por deficientes físicos e visuais (PRATES e BARBOSA, 2003; CARROLL, 2003; MORAIS e LOPER, 2014).

A qualidade da interação entre usuário e software ocorre na interface do software e é estudada dentro do contexto do IHC.

1.3.1 A interface de software

Um dos responsáveis pela qualidade em IHC é a interface do software, que pode se apresentar de várias formas e é composta de elementos que permitem a interação do usuário com o sistema no acesso de seus dados e funções.

A interface é o local em que o usuário interage com o sistema para acessar suas informações e funcionalidades.

Os contextos de uso de um sistema são variados e por este motivo é adequado que a interface se adapte, de acordo com aspectos relacionados a usuários, tecnologias e ambientes sociais por meio de técnicas de interação, diferentes mídias, layouts, atributos gráficos, comportamento dinâmico, navegação estruturada e uso coerente de textos, links e imagens (CARROLL, SOEGAARD e FRIIS, 2014).

Interfaces comuns de um software ou sítio de internet são as telas ou páginas onde dados são apresentadas ao usuário, por meio de diversos tipos de mídia, como texto, imagens, áudio e vídeo, trazendo diferentes níveis de complexidade que variam conforme o tipo de usuário, o objetivo do sistema, os dispositivos e locais de execução do sistema.

O desenvolvedor deve se preocupar com a criação de interfaces harmoniosas onde suas funções possam ser claramente identificadas e seus dados facilmente acessados e entendidos, facilitando a comunicação deste meio e visando a transmissão correta das informações ao usuário (SILVA e CÔGO, 2014).

Aprendizagem, eficiência, memorização, erros e satisfação compõe um conjunto de atributos que podem ser usados para verificar a qualidade da interface (NIELSEN, 2012; CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013).

Aprendizagem é o atributo que avalia como os usuários conseguem entender, assimilar e utilizar as funções de um sistema visando desempenhar suas tarefas dentro da interface.

Eficiência é o atributo que avalia como os usuários conseguem aprender e desempenhar suas funções na interface e está relacionado ao grau de maximização do uso dos recursos de um sistema

Memorização é o atributo que avalia como os usuários conseguem recuperar suas proficiências de uso, quando de seu retorno à interface, após certo tempo sem acessá-la. Está

relacionado à facilidade do usuário lembrar do funcionamento e localização dos dados e funções do sistema.

Problemas com erros compõem o atributo que avalia como o sistema permite que o usuário identifique problemas e erros no sistema, e como ele consegue se recuperar de certas situações no seu uso.

Satisfação é a percepção subjetiva do usuário de um sistema, relacionada a diversos fatores, tais como nível de alcance de seus objetivos do sistema, dificuldades e facilidades encontradas na interação com o sistema, quantidade de tempo utilizado para execução das tarefas, restrições para uso do sistema (exemplo: uso em qualquer lugar versus qualquer hora versus qualquer local), dentre outras questões.

A satisfação pode viabilizar o aceite da tecnologia quando o usuário percebe a facilidade de uso da aplicação. O usuário percebe a utilidade quando consegue executar suas tarefas de modo adequado (TAO, CHENG e SUN, 2009).

A melhoria da qualidade da interação dos usuários nos sistemas computacionais é uma das buscas da IHC e para isto é necessário o uso de técnicas e diretrizes que permitam a avaliação desta interação, em qualquer momento do ciclo de desenvolvimento do produto (MORAIS e LOPER, 2014).

Kim (2015) exemplifica uma situação na qual um desenvolvedor decide criar uma interface de alta usabilidade para uma determinada aplicação sem levar em consideração o tipo de usuário que a utilizará. Isto pode gerar vários tipos de problemas, afinal, pessoas mais jovens são mais fáceis de aderir a novas tecnologias do que pessoas de mais idade. Além disso, até gêneros diferentes podem impactar no uso da aplicação, como é o caso em que estudos feitos mostraram que em geral, o homem tem maiores habilidades espaciais do que a mulher no uso de sistemas 3D.

De acordo com a teoria de confirmação da expectativa, os usuários confirmam sua performance, ficam satisfeitos e têm a intenção de continuar usando a aplicação (TAO, CHENG e SUN, 2009).

A usabilidade quando considerada na concepção e desenvolvimento de sistemas permite uma maior interação, acesso e utilização pelas pessoas que utilizam ou dependem destes sistemas.

1.3.2 A usabilidade de software

A usabilidade foi e continua sendo um dos principais focos dos estudos de IHC (CARROLL, SOEGAARD e FRIIS, 2014).

O termo usabilidade é empregado algumas vezes para referenciar mais precisamente os atributos de um produto que o torna mais fácil de usar, de ser compreendido e do usuário conseguir atingir seus objetivos no uso de um sistema num tempo considerado adequado e com satisfação.

Ela está relacionada aos seguintes fatores (CYBIS, BETIOL e FAUST, 2015; CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013; MARTINS et al., 2013):

- a) Facilidade de aprendizado – Tempo e esforço necessário para que os usuários aprendam a usar com competência e desempenho as partes de um sistema.
- b) Facilidade de uso – Esforço cognitivo na interação com o sistema e número de erros ocorridos na interação.
- c) Eficiência de uso e produtividade – O que o sistema permite fazer e se o faz bem, e como o usuário pode fazer e se o faz de forma rápida e eficaz.
- d) Satisfação do usuário – A avaliação subjetiva do usuário que determina seu sucesso quanto à percepção obtida.
- e) Redução de erros – Quando se consegue evitar inconsistências e ambiguidades no uso, a probabilidade de erros do usuário é reduzida.
- f) Flexibilidade – Características de um sistema que permite que pessoas utilizem caminhos distintos para atingir seus objetivos no mesmo.
- g) Utilidade – Conjunto de funcionalidades necessárias para os usuários realizarem suas tarefas.
- h) Segurança no uso – Grau de proteção de um sistema para o usuário.
- i) Apoio a pessoas com deficiência – Ao levar em consideração a acessibilidade, os sistemas permitem a inserção de pessoas com deficiência, que podem contribuir para o sucesso da organização em que atuam.

Na medida em que a capacidade humana evoluiu, a usabilidade vem se rearticulando e se reconstruindo continuamente, caracterizando-se como uma qualidade emergente que ultrapassa o simples desejo de um sistema fácil de usar, incorporando elementos relacionados à diversão, eficácia coletiva, criatividade avançada, suporte para desenvolvimento humano, dentre outros (CARROLL, SOEGAARD e FRIIS, 2014).

A qualidade de um sistema computacional pode ser analisada com base na usabilidade do software, que leva em consideração a facilidade de uso do software e permite um melhor aprendizado, entendimento e uso, aspectos estes cada vez mais observados pelos desenvolvedores de software (MORAIS e LOPER, 2014; OLIVEIRA e LIMA, 2013).

Além disso, a usabilidade é muito importante pelo aspecto econômico, afinal, se nos primórdios da informática os clientes só tinham acesso à experimentação da usabilidade do produto após tê-lo comprado, atualmente o cliente pode conhecer o produto de diversas maneiras, antes de decidir pela sua aquisição.

Uma forma para se buscar melhorar a qualidade de software se dá pela avaliação da usabilidade de suas interfaces, o que é tratado, a seguir.

1.3.3 A usabilidade em normas de qualidade de software

A *International Organization for Standardization* (ISO) desenvolveu ao longo de sua existência um conjunto de normas relacionadas à qualidade de software onde se pode verificar a inserção da usabilidade de uso de sistemas.

A ISO 9241 (1998) normatizou requisitos ergonômicos para trabalho de escritório com computadores, que objetiva avaliar como os computadores atendem os objetivos desejados pelos seus usuários como também satisfazer suas necessidades em contextos de uso específicos.

A parte 11 desta norma trata da usabilidade dos computadores, e neste sentido, aborda a qualidade do uso de software, que pode impactar na usabilidade de um produto num determinado sistema de trabalho.

A norma informa que o contexto, conjunto composto por usuários, tarefas e equipamentos (hardware, software, etc.) e o ambiente (físico e social) influencia a usabilidade de uso de computadores.

Desta forma, o contexto onde o usuário executa suas tarefas regulares no uso do produto pode influenciar a qualidade e, assim, afetar a usabilidade.

Esta norma identifica três formas em que a usabilidade de um produto pode ser potencialmente avaliada:

- Análise de características do produto dentro de um contexto de uso.
- Pela análise do processo de interação entre o usuário e o produto.
- Pela análise da eficácia e eficiência resultantes do uso do produto pelo usuário, bem como de sua satisfação, num contexto específico de uso.

A norma não aborda questões envolvendo o desenvolvimento de soluções de software ou sítios para internet, porém, trouxe um conjunto de definições que permitiu compreender melhor a usabilidade de um produto, que é a medida na qual um produto pode ser usado para alcance de seus objetivos, com eficácia, eficiência e satisfação em contexto específico de utilização. O termo usabilidade é empregado para referenciar mais precisamente os atributos de qualidade de um produto que o torna mais fácil de usar, porém, com foco na ergonomia, tratando tanto de software quanto hardware.

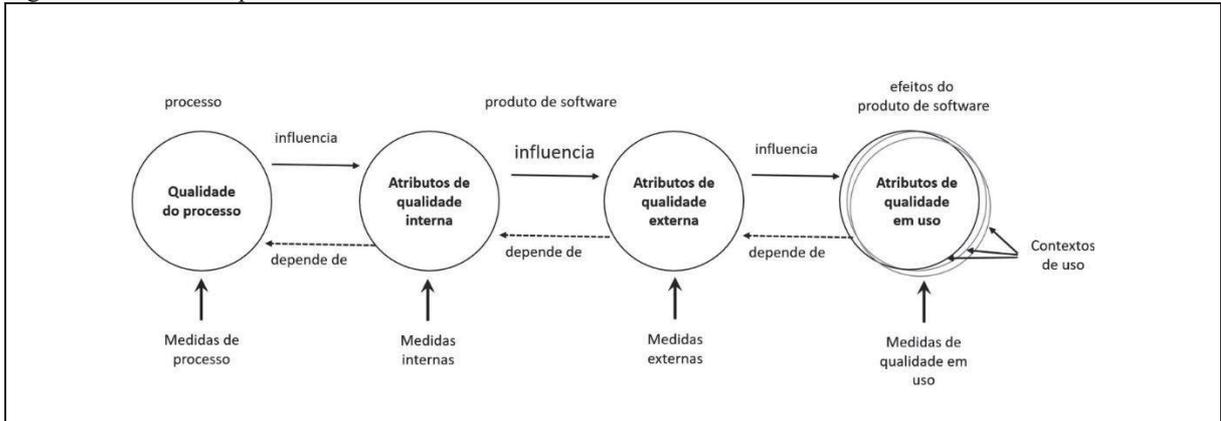
A norma ISO/IEC 9126-1 (2001) foi criada em 1991 e posteriormente atualizada em 2001 trazendo definições e formas para a normatização do processo de teste de software. Ela definiu usabilidade como a "capacidade do produto de software ser compreendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições especificadas" e consiste em quatro partes: modelo de qualidade, métricas externas, métricas internas e métricas de qualidade em uso.

Os aspectos influenciadores no modelo de qualidade no ciclo de vida do produto destacados na norma são apresentados na figura 8.

O foco da norma é o produto de software desenvolvido com base em processos cuja qualidade influencia ou é influenciada por atributos de qualidade interna e externa, como também de utilização em contexto definido, aos quais podem ser aplicadas medidas para aferição da qualidade.

Este modelo pode ser aplicado não só para verificar a qualidade do produto como também para melhorá-lo, de forma cíclica e contínua.

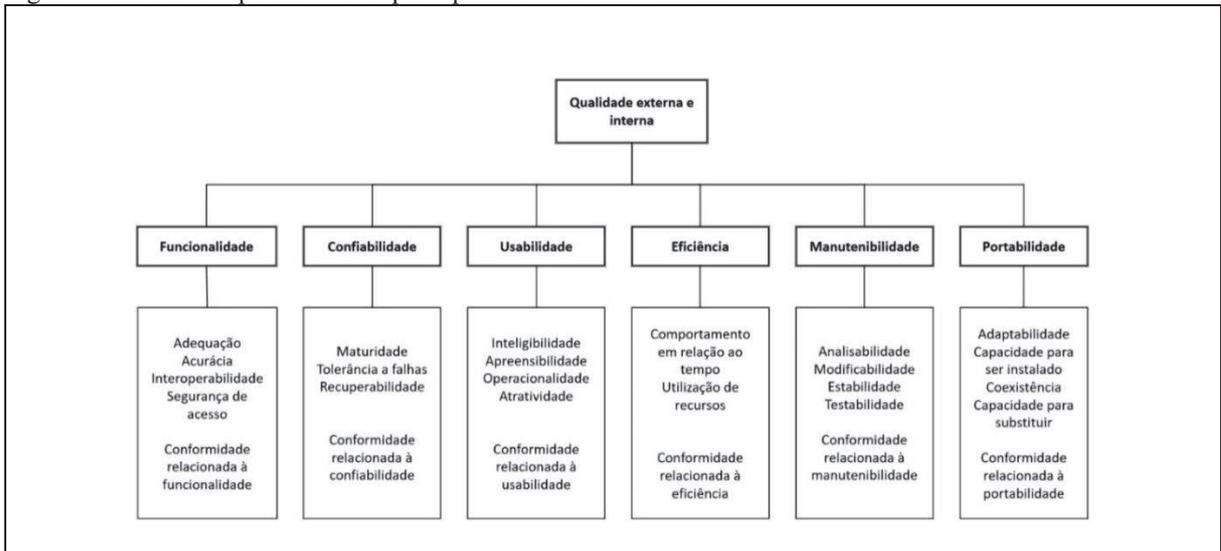
Figura 8: Modelo de qualidade no ciclo de vida do software



Fonte: Adaptado de ISO/IEC, 2001

Esta norma detalhou e destacou questões de usabilidade relacionando-as a atributos de qualidade interna e externa, conforme pode ser verificado na figura 9.

Figura 9: Modelo de qualidade ISO para qualidade externa e interna



Fonte: Adaptado de ISO/IEC, 2001

Dentre as características relacionadas ao atributo de usabilidade, esta norma trouxe:

Inteligibilidade – como a capacidade que o produto tem que possibilite ao usuário a compreensão se o produto é adequado e como ele pode ser usado para execução de suas tarefas no contexto de uso esperado.

Apreensibilidade – como a capacidade que o produto tem de permitir que o usuário consiga aprender seu funcionamento e aplicação.

Operacionalidade – como a capacidade que o usuário tem de operar e controlar o produto.

Atratividade – como a capacidade do produto ser atraente ao usuário.

Conformidade – como a capacidade do produto seguir as normas, convenções, guias e regulamentações de usabilidade.

Tais características podem ser medidas por métricas, tanto externas quanto internas.

A norma esclarece que as características de “funcionalidade, confiabilidade e eficiência também afetarão a usabilidade, mas para os propósitos da NBR ISO/IEC 9126 não são classificados como usabilidade”. A norma ISO/IEC 25010:2011 também conhecida como *SQuaRE - Systems and software Quality Requirements and Evaluation* (ISO, 2011) cancelou a ISO/IEC 9126-1 e trouxe um novo modelo para avaliação de qualidade de software. Uma de suas principais atualizações quanto à norma ISO/IEC 9126-1 sobre usabilidade foi readequar os elementos de qualidade interna e externa num modelo onde se separa a qualidade de “produto de software” com a “qualidade em uso”. O modelo de qualidade de produto de software tem oito características, divididas em subcaracterísticas, que podem ser medidas internamente ou externamente, enquanto que o modelo de qualidade de sistema em utilização (qualidade em uso) foi dividido em três características, as quais também foram subdivididas em subcaracterísticas que podem ser medidas quando em uso em determinados contextos de utilização (ISO/IEC, 2011; SÁNCHEZ, 2016).

Verificou-se que a norma ISO/IEC 9241 colocou foco na ergonomia e trouxe importantes subsídios para o desenvolvimento de conceito de usabilidade e qualidade de software, que foi posteriormente aprimorado na norma ISO/IEC 9126, que colocou foco na qualidade do produto de software, sendo posteriormente cancelada e atualizada pela norma ISO/IEC 25010:2011 que também trata da qualidade de software, porém, a separa em dois modelos de qualidade: o que aborda aspectos da qualidade do produto de software e o que aborda a qualidade da utilização do software (SHARP, ROGERS e PREECE, 2015).

Aspectos de utilização de um produto de software podem gerar experiências diferentes para seus usuários e, assim, percepções indesejadas de qualidade de uso de um produto.

A experiência do usuário será tratada, a seguir.

1.3.4 A experiência do usuário (UX – User Experience)

Ao final dos anos 90, as profissões relacionadas à usabilidade estavam voltadas ao pessoal técnico que não tinha obrigatoriamente conhecimentos de fatores humanos (REDISH e BARNUM, 2011).

Ocorre que a visão de usabilidade foi se modificando ao longo dos anos. Se inicialmente preocupava-se com a questão da usabilidade como a facilidade de uso de um produto de software, posteriormente percebeu-se a importância em considerar a experiência do usuário (UX) com o software.

Esta experiência começou a ser agregada ao conceito de usabilidade em função da percepção da importância dos fatores humanos no uso de software, o que começou a levar em consideração aspectos subjetivos tais como físicos, ambientais, estéticos e emocionais (ARDITO et. al, 2014; NASCIMENTO et. al, 2016) no uso de um sistema em contexto específico. A maioria dos especialistas em usabilidade conhece a importância de estudos feitos em fatores humanos, tais como antropologia e psicologia cognitiva (REDISH e BARNUM, 2011).

O estudo da interação que o usuário tem com o software, ao se considerar fatores humanos (subjetivos, emocionais, comportamentais, etc.) além dos aspectos tradicionais previstos em normas, em seu desenvolvimento, pode permitir uma melhor aceitação deste software, pois o mesmo pode melhor refletir a intenção de uso do usuário de forma que ele venha a considerar o software adequado para sua função e objetivo.

É importante que se reduza a lacuna existente entre a área de IHC e a engenharia de desenvolvimento de software. As empresas de desenvolvimento de software precisam implementar em seus processos de desenvolvimento de software atividades de engenharia de usabilidade buscando a melhoria de seus produtos (ARDITO et. al, 2014).

Por outro lado, Nascimento et. al (2016) chama a atenção para o fato de que nas indústrias, as avaliações de experiência de usuário (UX) e de usabilidade são usualmente desenvolvidas em separado, cada uma delas utilizando técnicas diferentes e específicas.

Ainda que o foco deste trabalho seja em avaliar a usabilidade como aspecto da qualidade do software e não exatamente a experiência de uso do software, a avaliação de interfaces pode

ser utilizada para identificação de problemas e desenvolvimento de um produto de melhor qualidade e, assim, contribuir para melhorar a percepção de uso do software.

A busca da melhor qualidade por meio da avaliação de software será tratada, a seguir.

1.4 Avaliação de usabilidade em interfaces de software

A identificação de problemas ou dificuldades, no estudo da interação entre usuário e software permite encontrar espaços para ajustes, correções e alterações na interface, e, assim, melhorar a qualidade do software em muitos aspectos.

Testar uma interface quanto a sua usabilidade permite identificar potenciais problemas que podem impactar negativamente a utilização de um sistema pelos seus usuários e contribui para a melhoria dos fatores de aprendizado, como a atmosfera e a motivação (TAO, CHENG e SUN, 2009).

Boas interfaces eliminam custos com retrabalho e correções, reduzem o atrito com os usuários do sistema, facilitam a assimilação de seu funcionamento em treinamentos e reduzem potenciais problemas que possam impactar o dia a dia do usuário (BRAUNER e ZIEFLE, 2015).

A seguir serão apresentados alguns métodos e técnicas que podem ser usados para a avaliação de usabilidade de software.

1.4.1 Métodos e técnicas para avaliação de usabilidade de software

Os métodos e técnicas para avaliação de usabilidade de software são compostos de atividades bem definidas, que podem ser aplicados em vários momentos do ciclo de vida do software, tanto na sua concepção, como durante seu desenvolvimento ou ao final do ciclo, quando o software já está em uso (RIVERO e CONTE, 2013 ; MORAIS e LOPER, 2014).

A avaliação formativa é aquela que ocorre durante o projeto ou desenvolvimento do produto utilizando diversos artefatos (modelos de interação, cenários, *storyboard*, etc.),

enquanto que a avaliação somativa ocorre nas etapas finais do processo de desenvolvimento e busca avaliar se o software atende a padrões definidos de qualidade (VALENTIM et al.,2013).

Avaliar a usabilidade é tarefa complexa e pode não ser possível de se efetuar com o uso de apenas um método, motivo pelo qual é importante conhecer as diferentes características de cada método para a escolha do mais adequado, conforme o produto ou serviço a ser avaliado, em seu contexto de uso, podendo inclusive ocorrer a combinação de diferentes métodos (MARTINS et al., 2013).

Diversas são as diferenças entre os métodos de avaliação de usabilidade, como por exemplo, a etapa do ciclo desenvolvimento do software em que o método pode ser aplicado, que pode ser durante o desenvolvimento ou após sua finalização.

A análise efetuada pode ser do tipo inspeção, com característica preditiva, onde especialistas avaliam a usabilidade de um sistema buscando identificar dificuldades e potenciais problemas em seu uso (RIVERO e CONTE, 2013).

A inspeção pode ser feita pelo método de percurso cognitivo, onde o especialista tenta se colocar no lugar do usuário e analisa cada ação, questionando sua realização e o cumprimento da tarefa, registrando problemas de usabilidade e propondo eventual solução. O checklist caracteriza-se como uma técnica onde especialistas utilizam instrumentos de avaliação desenvolvidos para inspecionar as interfaces a partir de uma lista de itens de verificação, que podem variar conforme o domínio da aplicação que será executada (windows, mac, mobile, etc.). No método de avaliação heurística, especialistas efetuam a inspeção com base numa lista resumida de princípios de design. São vários os conjuntos de heurísticas, sendo as heurísticas de Nielsen (2013) as mais tradicionais (PIMENTA, MILETTO e BORGES, 2014).

Outros métodos que envolvem usuários do sistema na coleta de dados são conhecidos como modelos empíricos. As avaliações empíricas são usualmente caracterizadas por ensaios de interação, técnicas de observações e monitoramentos das ações dos usuários que são posteriormente analisadas por especialistas na busca de problemas de usabilidade (MARTINS et al., 2013; MORAIS e LOPER, 2014). Estes métodos podem utilizar padrões, guias de recomendações e de estilos ou heurísticas de usabilidade (OLIVEIRA e LIMA, 2013).

O grupo de foco foi criado nos anos de 1930 e muito usado a partir dos anos de 1950 e trata-se de um dos métodos mais informais para coleta de dados. Ele é baseado numa lista de assuntos de interesse que compõe a base para uma entrevista com os usuários e permite formular

hipóteses bem como identificar problemas-chave sobre um produto ou sistema (MACHADO, FERREIRA e VERGARA, 2014).

No teste de usabilidade, o foco é o usuário e sua interação com o software num ambiente real ou muito próximo do real, para verificar se o software atende seus objetivos. Para isto, um roteiro é desenvolvido e os avaliadores acompanham e monitoram as decisões do usuário. Um teste na interface do usuário pode ser efetuado de forma remota ou não remota (SANTANA e BARANAUSKAS, 2015). Aspectos a serem observados neste tipo de teste são o planejamento do teste que descreve a sequência de passos a ser seguida pelo usuário conforme os requisitos a serem observados, a organização de materiais necessários (exemplo: protótipos), o local de observação que deve simular o ambiente real de uso do software, a seleção dos usuários, os quais devem passar pelas mesmas situações da realidade desejada conforme o planejamento do teste, a análise de resultados, que deve ser efetuada com base nos dados coletados e avaliação dos fatores desejados e a correção da interface, que deve conter as observações e sugestões de alterações para que os desenvolvedores apliquem numa nova versão da interface de software (BRUUN e STAGE, 2014; MACHADO, FERREIRA e VERGARA, 2014).

Algumas necessidades comuns para a aplicação de experimentos controlados (laboratório) são um bom planejamento e aplicação do teste, disponibilidade de recursos financeiros, disponibilidade de pessoal, boa infraestrutura e a preparação de um ambiente ideal de teste, que pode ser obtido por duplicação ou reprodução do ambiente real ou desejado (VALENTIM e CONTE, 2014; SANTANA e BARANAUSKAS, 2015).

Existem alternativas que permitem aplicar um teste de usabilidade com o uso de menor número de recursos, tais como teste de usabilidade remoto, análise de logs de uso do sistema, análise de dados ou aplicação de técnicas de questionamento/inquérito. No teste de usabilidade remoto, o usuário está num local e os avaliadores em outro, observando a maneira pela qual usuários utilizam um sistema. A gravação de áudio e de telas (ou vídeo) do software em uso (*software logging*) também é uma opção. A análise de logs de transmissão pode relevar detalhes mais específicos do uso do sistema e comportamento do usuário na interface, como por exemplo, locais onde o usuário tenha clicado (na interface), o que permite ter um maior nível de detalhamento da interação (MARTINS et al., 2013; SANTANA e BARANAUSKAS, 2015).

A coleta da opinião dos usuários também se revela como uma alternativa interessante pois permite coletar dados relacionados à performance de um usuário num sistema, relacionando-os com a percepção da qualidade do software utilizado, o que pode ser uma

alternativa menos custosa e de mais fácil aplicabilidade. Algumas técnicas para a coleta de dados qualitativos dos usuários são entrevistas, grupo de foco e questionários (MARTINS et al., 2013).

Os tipos de dados coletados numa avaliação de usabilidade podem ser quantitativos ou qualitativos e as técnicas usadas para a coleta podem ser questionários, entrevistas, experimentos em laboratórios, observação de usuários, coleta de opinião de especialistas, dentre outros (MARTINS et al., 2013).

A seguir verifica-se como os questionários podem ser usados para coletar dados relacionados à usabilidade e, assim, identificar problemas relacionados à qualidade do software.

1.4.2 Questionários de usabilidade

Questionários podem ser usados para coleta de dados do usuário visando identificar situações específicas, observar comportamentos e ouvir opiniões na identificação de problemas (MACHADO, FERREIRA e VERGARA, 2014).

A avaliação de usabilidade deve levar em conta como ela é de fato percebida pelo usuário, por meio da facilidade de uso e do rápido aprendizado, independente do software atender aspectos técnicos e ter as funcionalidades previstas em seu projeto (BOUCINHA e TAROUCO, 2013).

A combinação da efetividade e da satisfação do usuário indica a completude de uma tarefa, de forma efetiva e confortável, na visão do próprio usuário (MARSICO e LEVIALDI, 2004) e normalmente, sua percepção da satisfação é obtida por meio da técnica de coleta da opinião dos usuários que representem o típico usuário do sistema testado (PRATES e BARBOSA, 2003).

A coleta da informação da satisfação subjetiva do usuário caracteriza um aspecto difícil de ser medido, mas, pode indicar a existência de problemas de usabilidade numa interface. Uma das formas onde se pode coletar a satisfação subjetiva do usuário é por meio de questionário, que é uma técnica para coleta indireta de dados que permite verificar como usuários utilizam seus sistemas. Os dados coletados podem então ser usados para a compilação de estatísticas e análise de usabilidade (HOLZINGER, 2005; HASAN, 2014).

Quando questionários são aplicados é importante que sejam observadas as características de seus dados quanto à qualidade e quantidade. Os questionários devem ser criados de forma que suas questões estejam relacionadas ao que é necessário coletar. As questões podem ser abertas ou fechadas (como em escalas ou no formato sim/não).

Questionários são ferramentas de baixo custo que permitem atingir grande número de usuários e evitar custos com deslocamentos (BOUCINHA e TAROUÇO, 2013).

O quadro 1 apresenta vários questionários que podem ser utilizados para coleta de dados e avaliação de usabilidade, alguns dos quais referenciados na norma ISO 9241-11 (1998).

Quadro 1: Questionários de avaliação de usabilidade

Sigla / Nome	Criação	Licença	Link
ASQ - <i>After-Scenario Questionnaire</i>	1991 (IBM)	Gratuito	http://garyperلمان.com/quest/quest.cgi?form=ASQ
CSUQ - <i>Computer System Usability Questionnaire</i>	1995 (IBM)	Gratuito	http://garyperلمان.com/quest/quest.cgi?form=CSUQ
ISOMETRICS	1993	Comercial	http://www.isometrics.uni-osnabrueck.de/index.htm
NASA-TLX - <i>Nasa Task Load Index</i>	1980 (NASA)	Gratuito	https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/
QUIS - <i>Questionnaire for User Interaction Satisfaction</i>	1987	Comercial	http://www.lap.umd.edu/QUIS/index.html
SEQ - <i>Single Ease Question</i>	2009 (J. Sauro e J. Dumas)	Gratuito	https://measuringu.com/seq10/
SMEQ - <i>Subjective Mental Effort Questionnaire</i>	1993 (Ferdinand R.H. Zijlstra)	Gratuito	https://www.researchgate.net/figure/51584876_fig1_Figure-1-Subjective-mental-effort-questionnaire

Quadro 1: continuação

Sigla / Nome	Criação	Licença	Link
SUMMI - <i>Software Usability Measurement Inventory</i>	1993	Comercial	http://sumi.uxp.ie/
SUPR-Q - <i>Standardized User Experience Percentile Rank Questionnaire</i>	2015 (J. Sauro)	Comercial	https://measuringu.com/products/suprq/
SUS - <i>System Usability Scale</i>	1986 (John Brooke)	Gratuito	http://www.usabilitynet.org/t_rump/documents/Suschapt.doc
UME - <i>Usability Magnitude Estimation</i>	2003 (Mick McGee)	Gratuito	https://pdfs.semanticscholar.org/2ecc/c119a3a2cbe44da04446da9047fa2aa24e66.pdf
UMUX - <i>Usability Metric for User Experience</i>	2010 (Kraig Finstad)	Gratuito	http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.872.6330&rep=rep1&type=pdf
UMUX-LITE - <i>Usability Metric for User Experience</i>	2013 (Lewis, Utesch e Maher)	Gratuito	https://pdfs.semanticscholar.org/ebaa/1a370eb593a43dd6c757848c46f26a7bd8f9.pdf
WAMMI - <i>Website Analysis and MeasureMent Inventory</i>		Comercial	http://www.wammi.com/

Fonte: O autor

Estes questionários são detalhados, a seguir.

a) ASQ (*After-Scenario Questionnaire*)

Criado em 1991 por James R. Lewis na IBM, o *After-Scenario Questionnaire* é um questionário inicialmente utilizado por avaliadores de usabilidade da IBM e que deve ser aplicado após a finalização de uma tarefa num determinado cenário de uso. Ele é composto de 3 (três) questões que usam sete pontos da escala Likert, bem como a opção de “Não se aplica” e serve para avaliar aspectos relacionados à satisfação do usuário tais como facilidade de uma

tarefa, tempo para completa-la e adequação de informação de suporte (LEWIS, 1991; SAURO e DUMAS,2009). É um produto gratuito que não requer licença de uso.

b) CSUQ (*Computer System Usability Questionnaire*)

O questionário *Computer System Usability Questionnaire* foi criado em 1995 pela IBM como uma derivação do questionário PSSUQ (*Post Study System Usability Questionnaire*), com alguns ajustes nas frases, uma vez que o PSSUQ foi criado especificamente para testes em laboratório. Ambos são similares e alternativas que podem ser usadas para avaliar a usabilidade de sistemas (LEWIS, 2002; WILSON, 2013), devendo ser aplicados após o fim de um teste. De acordo com Johnson, Eagle e Barnes (2013), o CSUQ é dividido em quatro pontuações: pontuação geral (CSUQ), pontuação de uso do sistema, pontuação de qualidade da informação e pontuação da qualidade da interface e composto por 19 afirmações, com base numa escala Likert, onde o menor valor (um) representa a total concordância da afirmação, enquanto que o maior valor (sete) representa a total discordância. Oferece ainda uma opção para considerar a afirmação não aplicável para o contexto avaliado, ou para quando o respondente não entender o sentido da afirmação, e duas questões escritas onde o respondente deve informar três aspectos mais negativos e três aspectos mais positivos encontrados. É um produto gratuito.

c) ISOMETRICS

O questionário ISOMETRICS foi publicado em 1993 e objetiva coletar a percepção do usuário quanto à usabilidade de um software. É baseado em princípios de *design* (requisitos de ergonomia para trabalho em escritório com terminal de exibição visual – princípios de diálogo) e pode ser usado para avaliação formativa ou somativa, sendo composto por 75 afirmações onde para cada uma delas se utiliza uma escala Likert de 1 a 5, onde o menor valor (um) representa a total discordância da afirmação e o maior valor (cinco) a total concordância.

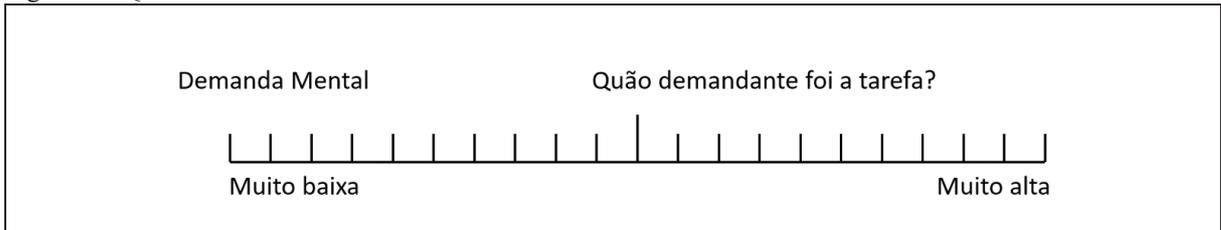
Disponibiliza, ainda, uma opção para quando uma questão não seja aplicável, no entendimento do respondente. Ele requer licença de uso e custa até € 250 para uso comercial.

d) NASA-TLX (*NASA Task Load Index*)

O questionário *NASA Task Load Index* foi desenvolvido em 1988 pelo grupo de pesquisa em performance humana da agência de espaço aéreo nacional dos Estados Unidos, NASA (*National Air Space Agency*) e tem por objetivo avaliar de forma subjetiva a carga de trabalho aplicada a uma pessoa, devendo ser aplicado durante ou logo após a finalização de uma tarefa e avalia seis subescalas: demandas mentais, demandas físicas, demandas temporais,

performance própria, esforço e frustração (HART e STAVELAND, 1988; HART, 2006). É possível verificar na figura 10 que o questionário NASA-TLX utiliza uma escala de pontuação de 21 marcas (de 0 a 100, numa escala evolutiva de 5 pontos), onde o respondente deve marcar com um “X” (na marca ou entre elas).

Figura 10: Questionário NASA-TLX



Fonte: Adaptado de Hart e Staveland, 1988

Ele deve ser aplicado logo após a execução de uma tarefa e é disponibilizado em papel (arquivo word) ou aplicativo iOS (*iPhone Operating System*). Seu uso é gratuito e não requer licença de uso.

e) QUIS (*Questionnaire for User Interaction Satisfaction*)

O questionário *Questionnaire for User Interaction Satisfaction* foi publicado inicialmente em 1987 e tem por objetivo medir a satisfação subjetiva de usuário de computador e está estruturado em seções relacionadas a fatores de interface (terminologia, feedback do sistema, aprendizagem, capacidade do sistema, manuais técnicos, tutoriais *on-line*, multimídia, reconhecimento de voz, teleconferência e instalação de software). Utiliza uma escala Likert de 9 pontos, para coleta da percepção de usuários na interface de um sistema, para cada fator analisado, por meio de questões de elementos sobre a interface (metáforas, ações, comandos, percepção social e educacional do usuário), bem como experiência prévia do usuário com o sistema. Contendo dezenas de questões, ele pode ser customizado conforme o objetivo e ter seções eliminadas. Ele requer licença de uso e seu uso comercial é pago (de US\$ 50 até US\$ 750). Pode ser disponibilizado para uso em papel ou *on-line* (página HTML), em várias línguas.

f) SEQ (*Single Ease Question*)

Criado em 2009 por Jeff Sauro e Joseph S. Dumas, o *Single Ease Question*, conforme pode ser verificado na figura 11, é um questionário que contém uma única questão que avalia quão difícil foi uma tarefa para um usuário e que utiliza uma escala Likert de 7 pontos, onde o menor valor (1) significa “muito fácil”, enquanto que o maior valor (7) significa “muito difícil” (SAURO e DUMAS, 2009). Este questionário pode ser aplicado em papel (arquivo word) ou

ambiente on-line (exemplo: por e-mail), após a finalização de uma tarefa dentro de um teste de usabilidade. Ele não requer licença de uso e é gratuito.

Figura 11: SEQ (*Single Ease Question*)

De um modo geral, esta tarefa foi:

Muito fácil Muito difícil.

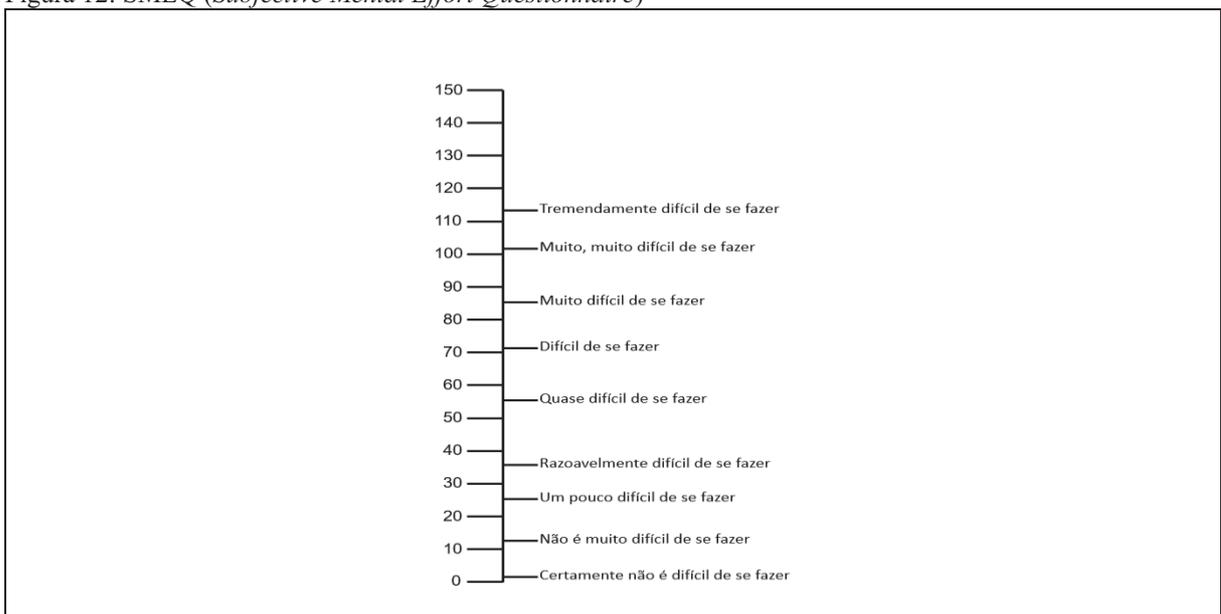
Enviar

Fonte: Adaptado de Sauro e Dumas, 2009

g) SMEQ (*Subjective Mental Effort Questionnaire*)

Criado em 1993 com base numa tese de doutorado por Ferdinand R. H. Zijlstra, o *Subjective Mental Effort Questionnaire*, também conhecido como Escala de Avaliação de Esforço Mental (*Rating Scale Mental Effort*), é um questionário gratuito (não requer licença de uso) que pode ser aplicado em papel (arquivo word) ou ambiente *on-line* (exemplo: por e-mail ou página de Internet), logo após a execução de uma tarefa. Ele utiliza uma escala que varia de 0 (zero) a 150 (cento e cinquenta), para medir o esforço mental necessário para se entender e executar uma tarefa, conforme pode ser verificado na figura 12.

Figura 12: SMEQ (*Subjective Mental Effort Questionnaire*)



Fonte: Adaptado de Hart e Staveland, 1988

No SMEQ, o respondente deve marcar um ponto na escala para informar o esforço mental que foi necessário para entender e executar uma determinada tarefa.

h) SUMMI (*Software Usability Measurement Inventory*)

O *Software Usability Measurement Inventory* foi publicado em 1993 e objetiva medir a experiência de usuário final de um software, devendo ser aplicado após o fim de um teste. É composto por 50 questões, podendo ser utilizado apenas *on-line* e deve ter ao menos 12 respondentes bem qualificados ou 20 respondentes em geral. Está disponível em várias línguas e é um produto cujo uso comercial é pago (até € 1000).

i) SUPR-Q (*Standardized Universal Percentile Rank*)

O *Standardized Universal Percentile Rank* é um questionário comercial (de US\$ 1.999,00 até US\$ 2.999,00), criado em 2015 por Jeff Sauro. Ele é composto por 8 (oito) itens que são utilizados para medir diversos aspectos (usabilidade, credibilidade, lealdade e aparência) de sítios de internet e permite a comparação de um determinado sítio de internet com centenas de sítios comparados anteriormente em seu banco de dados.

j) SUS (*System Usability Scale*)

O *System Usability Scale* é um questionário criado por John Brooke em 1986 na empresa DEC (*Digital Equipment Corporation*) que objetiva medir a usabilidade de um sistema e deve ser aplicado após o fim de um teste. Ele tem 10 afirmações que utilizam uma escala Likert de 1 a 5 representando alternadamente concordância ou discordância do respondente quanto à questão apresentada. Ele gera uma pontuação de 0 a 100 e traz um banco de dados de questionários efetuados cujas pontuações servem como base para classificar a qualidade de usabilidade do software. É um produto gratuito e que não requer licença de uso.

k) UME (*Usability Magnitude Estimation*)

O *Usability Magnitude Estimation* é um questionário criado em 2003 por Mick McGee para avaliação de usabilidade, onde os participantes dão uma nota de usabilidade para as tarefas condições e elementos da interface. Ele foi inicialmente criado para ser usado na Oracle para atividades relacionadas à avaliação de usabilidade, uma vez que a empresa detectou que as típicas medidas usadas eram ineficientes para testes de hipóteses experimentais. Ele é caracterizado por uma simples questão que pode ser usada para avaliar dificuldades da tarefa ou outros elementos subjetivos. A usabilidade de uma tarefa é avaliada numa escala de valores

(maior que zero) criada pelo próprio usuário e a avaliação se dá com base na aplicação das médias dos valores obtidos nos questionários aplicados (MCGEE, 2003; SAURO e DUMAS,2009).

l) UMUX (*Usability Metric for User Experience*)

O questionário UMUX (*Usability Metric for User Experience*) é um questionário de 4 questões baseadas na ISO 9241-11 (1998). Criado por 2010 por Kraig Finstad, como parte de um estudo para aplicação de testes de usabilidade de sistemas nos produtos da empresa Intel, com base num projeto piloto, cujos resultados foram comparados ao de outras pesquisas efetuadas com alguns questionários de usabilidade (SUS e SMEQ). Ele verificou que o UMUX serviu como interessante alternativa, uma vez que o SUS não mapeia adequadamente os conceitos de usabilidade definidos pela norma ISO 9241-11 (eficiência, eficácia e satisfação). Este questionário visa coletar a percepção da experiência do usuário quanto à usabilidade de um sistema e é uma alternativa que traz rapidez atendendo necessidades de testes nos quais o SUS levaria muito tempo para ser aplicado (FINSTAD, 2010).

m) UMUX-LITE

O questionário UMUX-LITE é uma versão enxuta do UMUX composta de 2 questões e tem os mesmos objetivos. Seus criadores, Lewis, Utesch e Maher (2013) identificaram questionamentos quanto às vantagens de economia de tempo (pelos respondentes), afirmadas pelos criadores do UMUX (4 questões), quando comparado à aplicação do questionário SUS (10 questões). Em seus estudos, a aplicação do UMUX-LITE (2 questões) trouxe bons resultados e serve como alternativa para uma maior economia de tempo de preenchimento de questionário.

n) WAMMI (*Website Analysis and MeasureMent Inventory*)

O *Website Analysis and MeasureMent Inventory* é um questionário cujo objetivo é medir a experiência de usuário final de um sítio de internet. Ele é composto de 10 questões e é oferecido em várias línguas (incluindo o português). Ele compara resultados do questionário aplicado com resultados obtidos em outros questionários de sítios de Internet. Ele é um produto cujo uso comercial é pago (valor negociado conforme a necessidade) e funciona apenas *on-line*.

o) ErgoList

Além dos questionários, também foi estudada a ErgoList, técnica composta de listas de verificação de qualidades ergonômicas para software. Desenvolvida em 1997 por uma equipe

composta por profissionais de diversas áreas (ergonomistas, profissionais da área de informação, designers, linguistas e cientistas da computação) do LabIUtil, Laboratório de Utilizabilidade da Informática da Universidade Federal de Santa Catarina e coordenada por Walter Cybis, com base na Ergolist, o avaliador percorre a interface de um sistema analisando diferentes tipos de objetos considerando padrões de apresentação e de comportamento para os componentes usuais da interação (CYBIS et. al, 1998).

A análise dos vários questionários existentes permitiu conhecer algumas das técnicas disponíveis para avaliação de usabilidade.

De acordo com Cuperschmid e Hildebrand (2013), as heurísticas de usabilidade são um conjunto de diretrizes que podem ser usadas como técnica alternativa para avaliar a usabilidade de um sistema, por *designers* ou profissionais de IHC, o que será tratado na próxima seção.

1.4.3 Heurísticas de usabilidade

As heurísticas dentro da avaliação são regras genéricas que descrevem propriedades que são comuns às interfaces, usualmente compiladas por especialistas, onde o avaliador pode considerar princípios de usabilidade e resultados perceptíveis por ele que sejam relevantes na análise da interface (SALGADO et al., 2006).

Nielsen e Molich desenvolveram uma lista de heurísticas com base em suas experiências acumuladas com ensino e consultoria, com foco em engenharia de usabilidade. Elas correspondem a princípios de usabilidade e abrangem uma grande quantidade de problemas que usuários podem verificar numa interface. Visando testar a aplicabilidade da avaliação heurística, eles efetuaram um conjunto de experimentos e identificaram 249 problemas de usabilidade. Com base em análises efetuadas sobre estes problemas foram criadas 9 Heurísticas de usabilidade e a décima heurística (Ajuda e Documentação) foi acrescentada numa revisão feita pelos autores (NIELSEN e MOLICH, 1990a, 1990b; NIELSEN, 1995).

A relação da heurística com usabilidade equivale a uma regra que permite identificar atributos comuns em interfaces.

A avaliação heurística é um método de inspeção usado por avaliadores especialistas em interface na busca de problemas de usabilidade, que violem uma ou mais heurísticas de um

conjunto pré-definido (VALLE et al., 2013; BRUUN e STAGE, 2014; VALENTIM e CONTE, 2014). Nielsen propôs uma lista conhecida como Heurísticas de Nielsen composta de 10 heurísticas para avaliação de usabilidade em *design* de interfaces (NIELSEN, 1995; CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013).

Dentre os vários métodos e técnicas para identificar problemas de usabilidade estão os questionários que podem ser usados para avaliar a satisfação dos usuários e ter uma melhor visão da dimensão de um possível problema. A análise de dados coletados permite avaliar hipóteses, estabelecer relações do problema com as variáveis envolvidas e se aprofundar na questão estudada (WRINCKLER e PIMENTA, 2002; FREITAS, 2000).

A análise dos dados numa avaliação de usabilidade permite identificar problemas em potencial de usabilidade de sistemas, porém, podem existir situações em que certos problemas impactam mais ou menos na qualidade de software.

Para melhor avaliar este impacto, é possível utilizar técnicas de tomada de decisão que permite ao decisor ponderar o que é mais importante e, assim, tomar decisões para a busca a melhoria ou troca do software. A seguir são apresentadas considerações envolvendo a tomada de decisão e a avaliação de usabilidade de software.

1.5 Tomada de decisão e avaliação de usabilidade

Muitas vezes é difícil decidir o que é mais importante ou o que deve ter mais peso numa avaliação. A incerteza e o número de variáveis são elementos que devemos lidar no dia a dia.

Saaty e Vargas (2012) afirmam que dependendo da situação, é possível comparar dois elementos relativamente diferentes. Eles ressaltam que o ser humano aprendeu por meio de experiência a identificar propriedades e estabelecer critérios de seleção para tomadas de decisões.

Todos somos tomadores de decisões que são baseadas em informações que coletamos, de forma consciente ou inconsciente. Ainda assim, nem toda informação coletada é útil para melhorar nosso entendimento ou julgamento (SAATY, 2008).

Além do citado, diversos são os estudos disponíveis na literatura que permitem aliar a avaliação de usabilidade de sistemas com o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), buscando dar pesos aos critérios de usabilidade utilizados (DELICE e GÜNGÖR, 2009).

O ELECTRE (ELimination Et Choice TRaidusaint la Realité) é uma família de métodos de tomada de decisão que foi se construindo com o decorrer do tempo. Uma comparação efetuada entre os métodos AHP, ELECTRE I, II e III, com relação ao seu processo central de cálculo mostrou que todos eles permitem quantificar a importância relativa entre critérios. A família de métodos ELECTRE pode ser facilmente aplicada quando o número de alternativas e critérios for grande e é mais adequada quando os dados são objetivos e quantitativos. O método AHP, por outro lado, é facilmente aplicado independentemente se o tipo de dado for quantitativo ou qualitativo (ÖZCAN et. al, 2011).

Mitta (1993) aplicou o método AHP para ranquear cinco interfaces de sistemas com base em atributos de usabilidade geral, aprendizagem e facilidade de uso e concluiu que o método AHP é uma ferramenta de análise importante, pois pode ser aplicado de forma empírica ainda que o tamanho da amostra seja pequeno para que estatísticas confiáveis sejam aplicadas.

As diferenças entre os métodos de tomada de decisão começam na forma pela qual ocorrem seus métodos de cálculos. Enquanto que o método AHP coloca foco numa estrutura hierárquica e gera matrizes de comparações pareadas, o ELECTRE I e II trabalham com matrizes de concordância e discordância por critério e o ELECTRE III baseia-se no princípio da lógica *fuzzy*, calculando os índices de concordância e discordância com base nos limiares de preferência e indiferença (ÖZCAN et. al, 2011).

Será apresentado, a seguir, o método AHP e posteriormente como ele pode ser usado como apoio neste processo de avaliação de usabilidade proposto.

1.5.1 Tomada de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

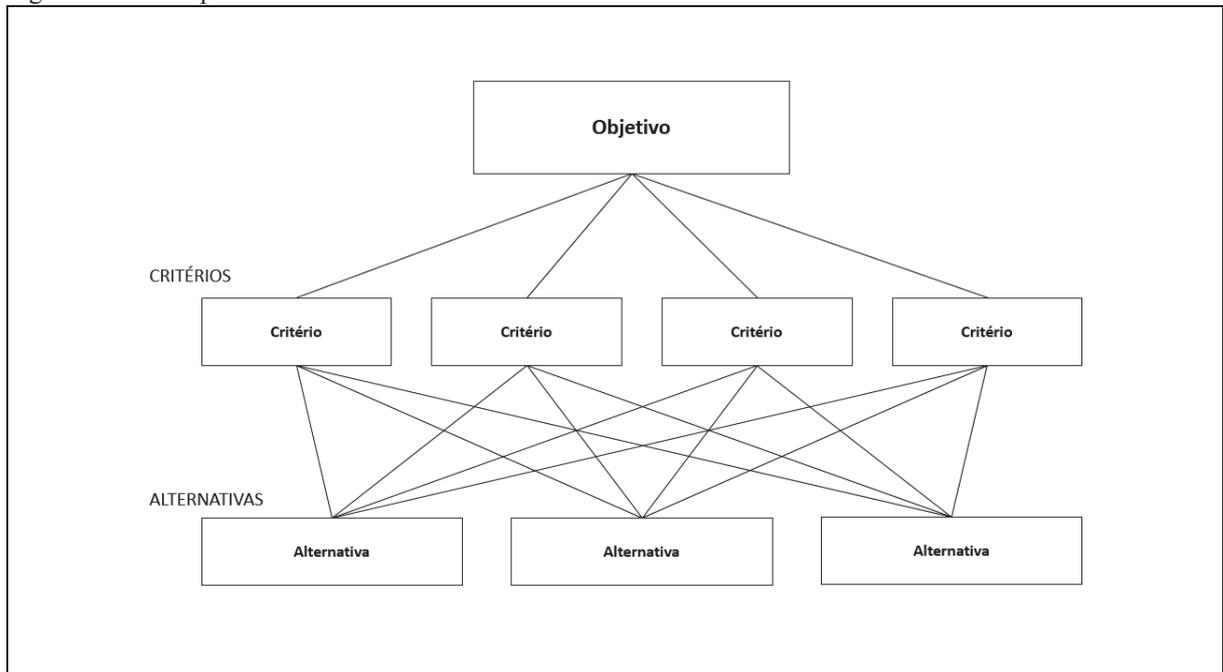
O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) auxilia pessoas na tomada da decisão em problemas complexos com base em múltiplos critérios subjetivos e conflitantes, por meio da decomposição de elementos, o que permite a redução da complexidade de um problema e facilita a comparação das alternativas existentes para a seleção daquela que se apresentar mais adequada. Ele tem sido utilizado para auxiliar a tomada da decisão nas mais diversas áreas,

onde as pessoas precisam tomar decisões muitas vezes com base em aspectos subjetivos, com informações parciais ou complexas (ISHIZAKA e LABIB, 2009).

Uma tomada de decisão pode envolver diversos critérios e alternativas. A tomada da decisão pode ser facilitada pela aplicação do método AHP, pois ele permite estabelecer relações de importância entre os critérios usados na escolha da melhor alternativa entre as disponíveis para resolução de um determinado problema (SAATY, 1990; SUBAMANIAN e RAMANATHAN, 2012).

A criação de uma hierarquia visual para a tomada da decisão é proposta pelo AHP, e possibilita ao decisor ter uma melhor visualização do problema. Nesta hierarquia, o problema abordado deve ser posicionado no topo da árvore, os critérios ficam nos níveis medianos e as alternativas ao final (SAATY, 1990; DELICE e GÜNGÖR, 2009; ISHIZAKA e LABIB, 2009), conforme pode ser verificado na figura 13.

Figura 13: Hierarquia visual do AHP



Fonte: Adaptado de Saaty, 1990.

Caso necessário, os critérios podem ser decompostos em vários níveis de critérios (subníveis), comparados e posteriormente sintetizados no critério pai (LEE e KOZAR, 2006).

Uma vez criada a estrutura hierárquica, os critérios devem comparados entre si, sempre em pares, o que resulta no estabelecimento de pesos relativos, entre eles. Psicólogos verificaram

que é muito mais preciso expressar a opinião de uma pessoa baseada em duas possibilidades do que simultaneamente em várias delas (ISHIZAKA e LABIB, 2009). Desta forma, para cada fator analisado, estabelece-se um grau relativo de importância.

Para fazer esta comparação, Saaty (1990, 2008) propõe uma escala de 9 valores, conhecida como Escala Fundamental dos Números Absolutos. Esta escala de julgamento permite quantificar aspectos qualitativos de forma relativa e aproximada conforme pode ser verificado no quadro 2.

Quadro 2: A escala fundamental dos números absolutos

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Ambos critérios contribuem de forma igual ao objetivo.
3	Importância moderada	Experiência e julgamento favorecem moderadamente um critério sobre outro.
5	Importância forte	Um critério contribui mais do que o outro.
7	Muito forte ou importância demonstrada	Um critério é muito favorito frente o outro. Sua dominância pode ser demonstrada de forma prática.
9	Extremamente importante	A evidência que favorece um critério sobre o outro é da mais alta ordem possível de afirmação.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Utiliza-se quando se busca um valor que represente uma relação intermediária entre os valores extremos dos critérios comparados.

Fonte: Adaptado de Saaty, 2008

Com base nesta escala, o decisor pode comparar os critérios de forma pareada determinando o nível de importância entre um critério e outro. É importante que o decisor (ou decisores) tenham experiência para o estabelecimento adequado dos valores relativos entre os critérios.

O resultado desta comparação é uma matriz de comparação que contém os julgamentos, que são os resultados das comparações de pares de critérios. Uma análise de sensibilidade é desenvolvida mostrando como alterações no peso de critérios afetam os *ranks* das alternativas (LEE e KOZAR, 2006).

A tabela 2 exemplifica uma matriz de comparação de pesos entre os critérios, com a distribuição de pesos dos critérios comparados.

Tabela 2: Matriz de comparação de pesos entre os critérios

Critérios	A	B	C	D
A	1	3	7	4
B	1/3	1	4	4
C	1/7	1/4	1	1/3
D	1/4	1/4	3	1

Fonte: O autor

Esta matriz precisa ser normalizada, para que seus dados tenham a mesma unidade e, assim, obter a prioridade relativa de cada critério, o que possibilitará calcular o vetor de prioridades e, assim, identificar a importância relativa de cada critério (SAATY, 2008).

O próximo passo é efetuar a verificação da consistência da matriz normalizada. O AHP permite a ocorrência de inconsistência, uma vez que ao fazer julgamentos, as pessoas são tendenciosas a serem inconsistentes cardinalmente falando. Não é possível estimar com precisão valores de medidas mesmo de uma escala conhecida, o que se torna ainda mais difícil quando se lida com a intangibilidade (DELICE e GÜNGÖR, 2009; SAATY e VARGAS, 2012).

O cálculo da razão de consistência (RC) permite verificar a confiabilidade dos julgamentos efetuados. Na fórmula ($RC = IC/IR$), a inconsistência é definida pela relação entre as entradas e a razão de consistência (RC) é calculada para meio de um índice randômico IR (SAATY, 2008) para cada par da matriz de comparação. Este índice permite efetuar um ajuste fino no cálculo efetuado para a verificação de sua consistência e é apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Índice randômico para matrizes de comparação par a par

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Delice e Güngör, 2009

Se a razão de consistência for menor ou igual a 0,1 ($RC \leq 0,1$), se conclui que a matriz é consistente. Caso contrário, se ela for maior que 0,1 ($RC > 0,1$), então a matriz de comparação precisa ser refeita (DELICE e GÜNGÖR, 2009). O método AHP mostrou ser capaz de auxiliar na tomada da decisão por possibilitar a quantificação de aspectos subjetivos. A bibliografia disponível neste trabalho indica o local onde o método pode ser consultado, caso se deseje verificar seu funcionamento em detalhes.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa aqui apresentada é do tipo exploratória, quali-quantitativa e o método de pesquisa baseia-se nos seguintes passos:

- Pesquisa bibliográfica sobre usabilidade com apresentação de métodos de avaliação de usabilidade e de tomada de decisão.
- Construção de um processo de avaliação de usabilidade de jogos de empresas.
- Avaliação do processo proposto.

2.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi feita com base em artigos, livros, trabalhos científicos e dissertações sobre interação humano-computador, usabilidade e tomada de decisão.

Buscou-se verificar a importância das simulações de jogos de empresas dentro do contexto educacional e de que forma seus usuários são impactados no uso de simuladores quanto à qualidade da usabilidade de suas interfaces.

A importância da avaliação da usabilidade de sistemas e vários conceitos, formas e métodos foram estudados para este fim e apresentados neste trabalho compondo a base para a construção da proposta de um processo de avaliação de usabilidade.

2.2 Construção de um processo de avaliação de usabilidade

A utilização de jogos de empresas nas instituições universitárias é algo cada vez mais comum e relevante. A boa usabilidade de um software simulador de jogos de empresas deve ser buscada, pois traz inúmeros benefícios para todos os envolvidos em sua utilização: para o aluno quando consegue atingir seus objetivos no sistema de forma eficaz, eficiente e com satisfação, para o professor que consegue colocar foco nos resultados do processo pedagógico ao invés de ter que se preocupar com anormalidades experimentadas pelo uso do sistema pelos

seus alunos, pela instituição cuja credibilidade é reforçada em função da adoção de práticas atualizadas de ensino e pelo fornecedor do sistema, que consegue se manter no mercado oferecendo sistemas que atendem as necessidades de seus clientes.

A proposta de construção de um processo de avaliação de usabilidade específico para jogos de empresas permite avaliar a qualidade de um simulador de jogos de empresas (software). Isto possibilitará a comparação entre versões diferentes de um simulador (para verificar sua evolução) ou comparar simuladores diferentes, em contextos específicos de uso, o que é importante para uma eventual tomada de decisão (revisão do funcionamento do simulador, aquisição ou troca, etc.).

O autor deste trabalho optou por um processo baseado na técnica de coleta de dados por meio de questionários, a serem aplicados em situações em que o simulador já exista e que tenha sido (ou esteja sendo) aplicado em turmas de alunos, permitindo efetuar uma avaliação somativa de usabilidade.

A escolha do uso de questionários foi motivada pela simplicidade e baixo custo, já que permite coletar dados de forma relativamente rápida por diversos meios (por e-mail, internet e de forma impressa) e formas (*on-line*, presencial, por telefone, videoconferência, dentre outras).

A primeira versão do processo construído baseava-se na aplicação de um questionário de avaliação aos alunos em que constavam perguntas específicas sobre a usabilidade de jogos de empresas que tinham relação com as Heurísticas de Nielsen e um questionário aos professores que permitia aplicar o método AHP para a ponderação da importância das questões no contexto de uso dos jogos de empresa.

Para validação inicial da pesquisa para a qualificação foi desenvolvido um estudo piloto baseado na aplicação do processo proposto para a avaliação de dois simuladores diferentes de jogos de empresas que funcionam de forma similar, junto a duas turmas de cursos de pós-graduação de uma instituição universitária brasileira após encerradas as disciplinas em que os alunos usaram os simuladores.

A primeira avaliação teve 11 alunos respondentes que utilizaram o simulador A e a segunda teve 10 alunos respondentes que utilizaram o simulador B. A avaliação de usabilidade do simulador identificou uma pontuação geral de usabilidade de 8,16 pontos (escala de 0 a 10). O mesmo processo foi aplicado para a avaliação do simulador B e apresentou a pontuação de 7,47 pontos (escala de 0 a 10).

Com relação a possíveis problemas, verificou-se que duas afirmações apresentaram na primeira avaliação (simulador A) um número relativamente alto de ausência de resposta (5 respondentes de 11 e 6 respondentes de 11, respectivamente). Além disso, durante a análise dos valores obtidos foram constatados altos valores de coeficiente de variação de respostas em alguns grupos de afirmações tanto na avaliação do simulador A na avaliação do simulador B.

Uma análise mais detalhada dos possíveis problemas permitiu a revisão dos textos destas afirmações, buscando torna-las mais fáceis de serem compreendidas.

O professor responsável pela condução da turma da primeira avaliação preencheu e entregou o questionário de relevância das heurísticas de Nielsen. Com base no mesmo foi efetuada a ponderação das heurísticas utilizando o método AHP. A distribuição de pesos conforme a relativização das heurísticas de Nielsen apresentou poucas mudanças nas pontuações gerais de usabilidade.

O estudo piloto foi importante para apontar a existência de afirmações que podiam não ser bem interpretadas pelos alunos o que culminou com uma revisão no questionário de usabilidade do aluno.

Após o estudo piloto e a qualificação, o processo que será apresentado no capítulo 3 foi corrigido e aplicado para avaliar dois simuladores.

Foi efetuada uma pesquisa para turmas que utilizaram quatro simuladores diferentes, aplicados por 8 diferentes professores nos polos de uma mesma instituição educacional, localizados nas cidades de Vitória da Conquista (BA), Belo Horizonte (MG), Contagem (MG), Rio de Janeiro (RJ), Campinas (SP), Osasco (SP), Piracicaba (SP) e Votuporanga (SP). Houve um total de 157 alunos nas turmas, onde obteve-se 68 alunos respondentes, de cursos de pós-graduação em gestão estratégica e econômica de negócios, gestão empresarial, gestão de marketing e de gestão financeira, controladoria e auditoria.

Para aplicação do processo proposto, por conveniência foram escolhidos dois simuladores diferentes, aplicados em duas turmas do curso de pós-graduação em gestão estratégica e econômica de negócios, das cidades de Vitória da Conquista (BA) e Campinas (SP).

2.2.1 Justificativas para criação do questionário próprio

Dentre os métodos e técnicas para avaliação de usabilidade analisados, verificou-se algumas possíveis dificuldades e limitações em suas aplicações. Por exemplo, um experimento conduzido de teste de usabilidade que faça uso de um laboratório traz a necessidade de disponibilidade de recursos diversos, tais como um laboratório preparado, equipamentos, profissionais e usuários. Bose (2013) destaca a grande dificuldade que é manter laboratórios atualizados e com os profissionais disponíveis para criação e aplicação de testes em ambientes educacionais.

Santana e Baranauskas (2015) ressaltam a importância da observação do usuário na interação com sua aplicação de uso diário bem como a impraticabilidade de se ter avaliadores sempre disponíveis para efetuar uma avaliação de usabilidade.

Teste de usabilidade remoto traz dificuldades similares, além da necessidade de uma infraestrutura adequada de telecomunicações para interligar o local onde o usuário se encontra com o local onde o avaliador se encontra, também há a necessidade de um bom planejamento e a necessidade de sincronia temporal do uso do sistema pelo usuário e a observação efetuada do avaliador. A gravação de uso de um sistema remoto (*software logging*) demanda um bom planejamento do processo (para que as tarefas a serem executadas pelo usuário sejam de fato executadas e na ordem necessária), demanda prever a maneira pela qual a tela será gravada (equipamentos), de que forma a gravação será transmitida ao destino (via telecomunicação, envio de material por correio, etc.), recuperada, armazenada, processada e analisada.

Em alguns casos pode ser necessário instalar softwares específicos no computador para gravação e coleta de dados visando facilitar sua transferência pela rede de telecomunicação.

Análises de dados (*analytics*) muitas vezes dependem de rotinas específicas para serem efetivas, bem como de uma boa definição dos dados que devem ser coletados. Deve-se buscar a condensação dos resultados (sumários) que permita a fácil identificação de problemas ou incidentes, como por exemplo, problemas de usabilidade, falhas do sistema e funcionalidades faltantes (SANTANA e BARANAUSKAS, 2015). Outra dificuldade que pode surgir nesta técnica é a necessidade de se agregar a funcionalidade de coleta dos dados ao software em uso, o que pode ser algo inviável, principalmente quando o software em uso for comercial (de terceiros).

A análise dos diversos questionários de usabilidade existentes mostrou diversos tipos de dificuldades que podem ocorrer para a coleta e análise de dados.

O questionário ASQ avalia a satisfação do usuário quanto ao uso de um sistema em determinado cenário e baseia-se em três aspectos: facilidade de uma tarefa, tempo para completar a tarefa e adequação de informação de suporte. Ele é um questionário rápido para se preencher, porém, deve ser aplicado logo após a execução de uma tarefa. A pequena quantidade de questões deste questionário, se por um lado agiliza a coleta de dados, por outro, ao resumir a avaliação da usabilidade de um sistema em poucas questões (três) dificulta a obtenção de um diagnóstico de problemas de usabilidade mais preciso e detalhado.

Alguns dos questionários analisados coletam em uma única questão a percepção de um aspecto de usabilidade. Em caso de dúvidas (respondente entenda que a questão não seja aplicável ou ele simplesmente não compreenda o sentido da afirmação), o respondente pode não responder a questão, o que pode reduzir consideravelmente a quantidade de respostas na coleta da percepção de um aspecto de usabilidade avaliado e, assim, prejudicar sua análise.

Os questionários ASQ, SEQ, SMEQ, UME e NASA-TLX são questionários que devem ser aplicados logo após uma tarefa ser executada pelo usuário. Este tipo de questionário pode dificultar muito o trabalho de coleta de dados e em alguns casos ser inviável de ser aplicado, por questões limitação de tempo ou de recursos, já que é grande a quantidade de tarefas que um usuário precisa executar num simulador. Além disso é necessário que um avaliador acompanhe este processo para garantir que o questionário seja de fato respondido pelo usuário logo após a execução da tarefa, o que pode afetar aspectos relacionados aos custos da avaliação e disponibilidade de pessoal envolvido. Verifica-se ainda que este tipo de questionário (aplicação após a tarefa) é adequado para utilização em ambientes controlados.

Um estudo feito por Johnson, Eagle e Barnes (2013) mostrou a dificuldade em interpretar certos aspectos do questionário CSUQ. Eles notaram que muitos respondentes deixavam de responder as questões relacionadas a erros do sistema, o que, em suas conclusões ressalta um problema em potencial quanto à representação do estado do erro. Esta situação problemática relacionada ao CSUQ foi também retratada por Lewis (2002).

Os questionários SUMMI e SUS, de acordo com Lewis (2002), utilizam afirmações que expõem aspectos positivos e negativos, o que, segundo seus estudos, pode gerar problemas de interpretação e confundir o respondente. O SUS não pode ser usado como uma ferramenta de

diagnóstico, pois apesar de demonstrar que existem problemas e usabilidade, não mostra o tipo de problema existente (FINSTAD, 2010).

Verificou-se que a maioria dos questionários estudados (CSUQ, ISOMETRICS, SUMMI, SUPR-Q, QUIS e WAMMI) requerem licença de uso, ainda que para utilização em ambiente de teste ou acadêmico. Dentre estes questionários, todos apresentam custo para utilização em instituições privadas.

Os questionários SUPR-Q e WAMMI foram criados especificamente para avaliar sítios de internet, o que acaba limitando suas aplicações dentro deste trabalho, em casos em que o simulador opere de forma instalada no computador do usuário ou em seu dispositivo móvel.

Os questionários UMUX e UMUX-Lite buscam coletar dados do usuário com base na sua experiência de uso envolvendo questões subjetivas para mensurar a usabilidade com base na satisfação do usuário, dentre outros critérios.

Verificou-se que a Ergolist gera a dependência de um avaliador que precisa percorrer a interface na busca de elementos, avaliando aspectos ergonômicos da interface e desta forma não utiliza o usuário do sistema para coleta de dados.

Os questionários analisados trouxeram limitações ou impedimentos quanto ao contexto desejado de pesquisa, no qual se espera coletar dados para a análise e desenvolvimento deste trabalho.

Algumas das preocupações para a escolha do questionário mais adequado para esta pesquisa foram:

- Deve-se aplicar o questionário ao final (ou próximo) do uso de um sistema, visando reduzir o número de coleta de dados.
- Deve-se utilizar um questionário que não necessite de muito esforço para a coleta de dados.
- Buscar reduzir ou eliminar a dependência de conhecimento ou uso de tecnologias que possa precisar ser agregada ao simulador para o processo de coleta de dados.
- Em caso de problemas no entendimento de uma afirmação ou do contexto onde ela foi aplicada, o respondente deve ter a oportunidade de descartá-la ou anulá-la.
- O questionário deve ser o mais fácil possível de ser entendido e interpretado.

- Deve-se utilizar um questionário que não requeira licença de uso, objetivando facilitar sua utilização e reduzir a burocracia no uso deste tipo de ferramenta.
- Deve-se utilizar um questionário que não tenha custo para sua utilização, objetivando sua aplicação por instituições que tenham recursos escassos para aplicação deste tipo de avaliação.
- Deve-se inserir o usuário da aplicação na identificação de problemas relacionados à qualidade do software.
- Deve-se buscar um questionário que possa avaliar um simulador independentemente da plataforma operacional (Windows, internet, Android, iOS, etc.) em que ele funcione.
- Para que uma afirmação relacionada a um aspecto de usabilidade que esteja sendo avaliada não seja descartada (o que poderia gerar problemas na análise dos questionários coletados), caso vários respondentes tivessem dificuldade em seu entendimento, deveria haver alternativas para que tal aspecto de usabilidade fosse medido, preferencialmente por outras afirmações.
- O professor deve estar à disposição quando o aluno (respondente) para eliminar eventuais dúvidas quanto ao preenchimento ou entendimento das afirmações do questionário.

Considerando que dos questionários avaliados, não foi possível encontrar um que satisfizesse todos os objetivos do contexto deste trabalho, foi decidida a criação de um questionário próprio.

Este questionário próprio objetiva avaliar a usabilidade de um sistema num momento em que um cenário simulado já tenha sido bem experimentado pelo aluno. Ao aplicar o questionário ao fim do uso do simulador (jogadas finais), o professor consegue coletar os dados necessários de uma turma que teve experiência com a interface do simulador, para a avaliação desejada, de forma rápida, com baixos custos e pouco trabalho, sem a necessidade de montar um laboratório de testes ou dispender outros tipos de recursos além daqueles encontrados no dia a dia da aula. Ele pode ser aplicado de forma impressa (papel) ou em modo on-line (e-mail ou por formulários gratuitos eletrônicos como o Google *forms*).

Para se reduzir a possibilidade de perda da avaliação de um aspecto de usabilidade, três afirmações foram criadas para cada aspecto (heurística) de usabilidade avaliado. Desta forma, caso ocorra algum problema de não entendimento de uma afirmação, mesmo que ela seja

descartada (não respondida) pelo respondente, outras duas similares são usadas para coleta da percepção do aspecto de usabilidade (heurística) que se deseja coletar.

Para cada afirmação foi oferecida a opção “Não se aplica” ou “Não entendi”, que pode ser escolhida, quando o respondente não compreender ou acreditar que a afirmação proposta não se aplica ao contexto avaliado.

Uma das preocupações na criação do questionário próprio foi a de se utilizar afirmações que reforcem aspectos positivos de usabilidade, evitando utilizar afirmações de aspectos negativos. A escala Likert foi usada em ordem crescente de valor quanto ao aspecto positivo avaliado, visando assim reduzir a possibilidade de não entendimento das afirmações apresentadas ao respondente.

O questionário proposto está sendo oferecido em licença de domínio público, isto é, sem a obrigatoriedade de notificação ao seu autor ou aceite de uma licença de uso ou ainda pagamento de taxas ou *royalties*.

O questionário a ser aplicado deve permitir avaliar a usabilidade de qualquer simulador de jogos de empresas em qualquer plataforma ou sistema operacional (Windows, Linux, Internet, Android, iOS, etc.).

2.3 Avaliação do processo de avaliação de usabilidade proposto

Ao pontuar as afirmações dos questionários, os respondentes da pesquisa podem ter comportamentos que variam. Parte dos respondentes pode escolher um valor alto para uma determinada afirmação de avaliação da heurística de usabilidade, enquanto que outras partes podem escolher valores intermediários ou baixos. Uma grande variação na distribuição dos valores das escolhas dos respondentes pode indicar problemas relacionados a certos aspectos de usabilidade ou de entendimento das afirmações apresentadas, as quais podem gerar algum tipo de confusão em seu entendimento.

A estatística pode ser usada para gerar um coeficiente de variação dos valores, para cada heurística avaliada. Este coeficiente pode ser analisado para se verificar possíveis problemas quanto à distribuição dos valores escolhidos pelos respondentes.

Foram calculadas as médias, desvio padrão e coeficiente de variação dos valores informados pelos respondentes do simulador A, para cada heurística, conforme o quadro 3.

Quadro 3: Estatísticas da escolha dos valores - simulador A

Heurística	Média	DesvPad	CV
1- Visibilidade da situação do sistema	4,39	0,65	14,8%
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	4,14	0,77	18,5%
3 - Liberdade e controle do usuário	4,12	0,96	23,4%
4 - Consistência e aderência a padrões	4,11	0,79	19,4%
5 - Prevenção de Erro	3,77	0,83	22,1%
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	3,53	0,91	25,8%
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	3,54	0,85	23,9%
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	4,16	0,70	16,9%
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	3,42	0,81	23,7%
10 - Ajuda e documentação	3,63	0,86	23,6%

Fonte: O autor

Os mesmos cálculos estatísticos foram efetuados para a avaliação do simulador B, e em seguida, apresentados no quadro 4.

Quadro 4: Estatísticas da escolha dos valores - simulador B

Heurística	Média	DesvPad	CV
1- Visibilidade da situação do sistema	4,21	0,70	16,7%
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	3,77	0,81	21,5%
3 - Liberdade e controle do usuário	4,16	0,75	18,1%
4 - Consistência e aderência a padrões	4,13	0,70	16,8%
5 - Prevenção de Erro	3,37	0,60	17,7%
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	3,92	0,88	22,5%
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	3,61	0,87	24,1%
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	3,72	0,92	24,6%
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	2,52	0,82	32,6%
10 - Ajuda e documentação	3,41	1,02	29,9%

Fonte: O autor

Com base nos dados estatísticos, é possível criar histogramas, que são gráficos que permitem efetuar uma análise visual, que pode indicar se houve uma tendência de escolha de valores similares (simetria) ou isoladas e dispersos. Desta forma, os histogramas serão apresentados e discutidos na seção de resultados e discussão.

2.3.1 Pontos fortes do processo de avaliação

A quantificação da usabilidade se deu nos seguintes aspectos: por heurística, o que permite identificar locais que possam estar ocorrendo problemas e por simulador, o que permite estabelecer uma pontuação na avaliação de um simulador em determinado contexto, que pode servir como base para comparação de uma futura avaliação de outro simulador, desde que seja aplicado no mesmo contexto de utilização. Ao possibilitar a comparação das pontuações de heurísticas, o decisor ou pessoa responsável na instituição pode verificar a qualidade de simuladores diferentes e, assim, ser auxiliado pelo processo proposto que servirá como ferramenta para ajudar em sua decisão.

A escala usada para definição das pontuações (0 a 10) é muito utilizada em vários tipos de avaliações, o que facilita o entendimento das notas (pontuações) obtidas no processo.

O professor, ao aplicar a ponderação dos pesos pelo método AHP na avaliação de usabilidade geral do simulador pode verificar de que forma sua visão de relevância quanto às heurísticas impacta na pontuação e, assim, tomar decisões relacionadas ao simulador (testar, trocar, manter, negociar melhorias, etc.) com base em aspectos que ele acreditar mais relevantes quanto à sua prática em seu contexto específico, onde ele perceba que o simulador possa melhorar.

2.3.2 Limites do processo de avaliação proposto

Um dos limites identificados na aplicação do processo é o de que ele não consegue apontar com detalhes os motivos pelos quais uma heurística apresenta problemas no uso de um simulador. A pontuação calculada pela heurística 9 na análise do simulador A mostrou que o simulador tem dificuldades em tratar o reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros.

O processo atende o objetivo de apresentar a qualidade do simulador e aponta a existência de problemas (em heurísticas específicas), porém, ele não permite analisar os motivos pelos quais os problemas ocorrem.

Com relação ao número de respondentes das pesquisas, verifica-se que foi relativamente baixo. Isso se deveu ao fato de que o período em que a pesquisa foi efetuada (janeiro a março de 2017) é caracterizado por interrupções das mais diversas no calendário das instituições educacionais (período de férias, feriado de carnaval, etc.). Uma das formas para se buscar validar as respostas obtidas foi avaliar a distribuição das respostas das avaliações efetuadas por meio de histogramas, o que permitiu constatar que houve um comportamento padrão de escolhas pela maioria dos respondentes. O processo foi aplicado em turmas pequenas, porém, a maioria dos respondentes escolheu valores similares para as afirmações dos questionários de pesquisas enviadas, o que aponta que houve entendimento geral das mesmas pelos respondentes.

Outro limite verificado é que este processo não pode ser aplicado para avaliar simuladores em contextos diferenciados. Nesta pesquisa, verificou-se que os públicos são diferentes, bem como os simuladores avaliados e os resultados e problemas identificados.

Não é possível ao processo definir limites de qualidade do software na avaliação, isto é, o que é uma qualidade ruim, boa ou ótima, sem o envolvimento do decisor. Isto ocorre, porque a medida do entendimento destes limites é algo inerente à opinião de quem decide. O que uma pessoa pode entender como bom, outra pode entender como ruim ou ótimo. Cabe a cada instituição determinar uma eventual faixa de valores (de 0 a 10) para cada nível de qualidade do simulador avaliado, caso pretenda avaliar o nível da qualidade do simulador. Ainda assim, ao quantificar a usabilidade de um simulador (no geral e por heurísticas), o processo mostra que o resultado obtido funciona como medida, o que permite ao decisor avaliar aspectos de qualidade do simulador, e, assim, fazer comparações que o auxilia na tomada da decisão.

Este processo foi ainda desenvolvido tendo em mente o domínio da aplicação de simuladores de jogos de empresas. Desta forma, ele é específico para este tipo de sistema e não pode ser usado para aplicação em softwares em geral.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

Para o desenvolvimento do processo de avaliação proposto, foram efetuadas pesquisas bibliográficas sobre métodos e formas para avaliação de usabilidade de interfaces de software que podem ser aplicados em vários momentos do ciclo de vida do software.

Dentre as diversas possibilidades, verificou-se que a utilização de questionários para coleta da percepção do aluno quanto à qualidade de software seria uma boa opção, pois pode ser aplicado pelo professor de jogos de empresas para uma turma, de forma relativamente simples, com baixo custo, usando os recursos da instituição e de várias maneiras (presencial, formulário impresso, *on-line*, etc.).

A proposta deste processo visa auxiliar o professor que deseje aplicar uma avaliação de usabilidade em simuladores de jogos de empresas, em situações que os recursos sejam limitados. Neste processo, a técnica adotada para coleta de dados de usuários é a utilização de questionário. Esta técnica permite a confecção de questões que podem ser utilizadas para se obter a percepção de usabilidade do software usado pelos seus usuários. Além disso, questionários podem ser aplicados de várias maneiras (presencialmente na sala de aula, *on-line*, por telefone, por formulários, etc.), de forma rápida e com custo baixo.

Para permitir uma análise adequada, as questões criadas no questionário precisam estar relacionadas à usabilidade do simulador. Este processo propõe a utilização das heurísticas de Nielsen como base da criação do questionário. As heurísticas de Nielsen têm sido utilizadas por muito tempo por especialistas em usabilidade para verificar aspectos de usabilidade de interfaces. Elas limitam o escopo e facilitam identificar locais onde a usabilidade pode ser percebida, avaliada e eventualmente melhorada.

Ao utilizar a técnica de coleta de dados em conjunto com as heurísticas, o processo utiliza-se de princípios de *design* conhecidos e que podem fornecer subsídios para coletar e analisar a percepção dos alunos quanto à usabilidade de um simulador de jogos de empresa

Cada heurística estudada permitiu a criação de questões na forma de afirmações específicas voltadas à usabilidade da interface do simulador avaliado.

A princípio, no processo de pontuação geral de usabilidade proposto, as heurísticas têm peso igual. Considerou-se então, a possibilidade de que as heurísticas avaliadas poderiam ter

importâncias e pesos diferentes na avaliação de usabilidade, conforme o contexto de aplicação do jogo pelo professor, e, assim, impactar numa pontuação diferenciada de usabilidade.

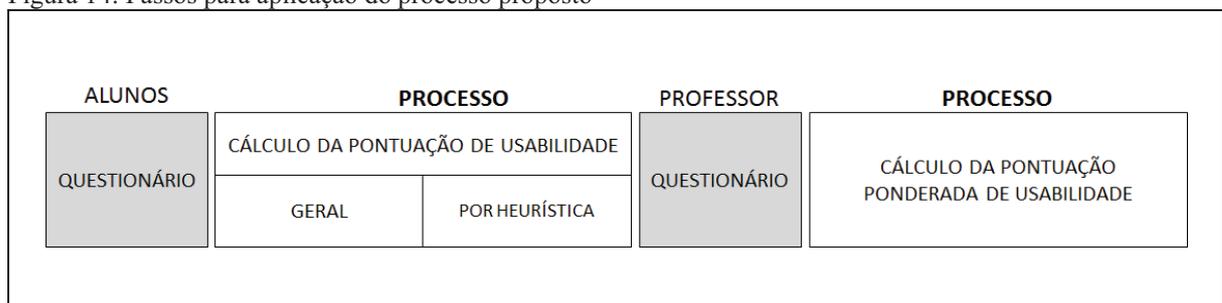
Para isso, seria necessário usar um cálculo que levasse em conta pesos diferentes para cada heurística e que poderia levar a uma pontuação diferente de usabilidade da obtida no processo de avaliação de usabilidade feito junto aos usuários.

A partir de estudos sobre a área tomada de decisão, foi incluído no processo proposto a ponderação do valor das heurísticas de usabilidade por meio de um dos consagrados métodos de decisão multicritério (AHP). Esta ponderação se baseia em um questionário oferecido ao professor para que ele possa avaliar as heurísticas entre si a partir da situação enfrentada na sala de aula.

Nesta avaliação, o professor deve ser assistido por um especialista de usabilidade para orientá-lo quanto ao significado de cada heurística que será avaliada, dentro do contexto de comparação.

A aplicação do método AHP permite ponderar os pesos das heurísticas. Uma vez obtida as ponderações, o processo as aplicou nos valores obtidos por cada heurística coletada do questionário dos alunos, visando verificar se houve alteração da pontuação anteriormente obtida pelo cálculo de pontuação geral de usabilidade. A figura 14 exemplifica a aplicação do processo.

Figura 14: Passos para aplicação do processo proposto



Fonte: O autor

Sendo assim, O processo é composto de:

- a) Aplicação do questionário de percepção de usabilidade junto aos usuários que são alunos que utilizaram simuladores de jogos de empresas na graduação ou pós-graduação.

- b) Cálculo da pontuação geral de usabilidade do simulador avaliado que será feito com base nos questionários recebidos dos usuários.
- c) Cálculo de pontuação de usabilidade por heurística que será usado no cálculo da pontuação ponderada de usabilidade.
- d) Aplicação do questionário de importância das heurísticas a ser aplicado aos professores das turmas consultadas.
- e) Cálculo da pontuação ponderada de usabilidade efetuado com base na ponderação dos pesos das heurísticas sobre as pontuações obtidas de cada heurística da pesquisa dos usuários.

A seguir são apresentados: o questionário de percepção de usabilidade a ser preenchido pelos alunos com as justificativas de uso das afirmações propostas e sua divisão por heurística considerada para cada afirmações, o questionário a ser preenchido pelos professores com a dinâmica empregada para determinar a ponderação de heurísticas a partir do seu preenchimento e os cálculos a serem realizados, bem como o emprego do processo de avaliação de usabilidade usado na própria avaliação do processo proposto.

3.1 Preparação do questionário de percepção de usabilidade

Diversos aspectos da usabilidade podem ser estudados ao se fazer perguntas aos usuários e usados para se compreender como os usuários utilizam um sistema e verificar quais funcionalidades eles gostam ou desgostam (LODHI, 2010).

A proposta deste processo considera as heurísticas de Nielsen, conjunto de regras em grande uso no mercado para a avaliação da usabilidade, como relevantes princípios de *design* e adequadas para confecção de afirmações que permitam aos alunos avaliarem a usabilidade do simulador de jogos de empresas utilizado, após sua aplicação.

Ele utiliza um questionário (anexo A - questionário de percepção de usabilidade) que deve ser disponibilizado próximo ao fim do jogo, aos alunos após terem tomado diversas decisões no jogo, acessado diversas áreas na busca de dados e funcionalidades. Somente após

terem acessado sua interface, dados e funcionalidades é que é possível identificar facilidades e dificuldades em sua utilização.

O questionário é composto por 30 afirmações baseadas nas heurísticas de Nielsen, adaptadas ao contexto de jogos de empresas.

Para cada uma das heurísticas de usabilidade de Nielsen foram criadas três afirmações, numeradas de 1 a 30. São três blocos de 10 afirmações cada que abordam todas as heurísticas e usabilidade, conforme pode ser verificado no quadro 5.

Quadro 5: Posição das afirmações das heurísticas de Nielsen no questionário do aluno

Heurística	A1	A2	A3
1- Visibilidade da situação do sistema	1	11	21
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	2	12	22
3 - Liberdade e controle do usuário	3	13	23
4 - Consistência e aderência a padrões	4	14	24
5 - Prevenção de Erro	5	15	25
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	6	16	26
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	7	17	27
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	8	18	28
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	9	19	29
10 - Ajuda e documentação	10	20	30

Fonte: O autor

A seguir são descritas e justificadas as afirmações criadas para cada heurística considerada.

3.1.1 Heurísticas de usabilidade

As heurísticas dentro da avaliação são regras genéricas que descrevem propriedades que são comuns às interfaces, usualmente compiladas por especialistas, onde o avaliador pode considerar princípios de usabilidade e resultados perceptíveis, por ele, que sejam relevantes na análise da interface (SALGADO et al., 2006).

Nielsen e Molich desenvolveram uma lista de heurísticas com base em suas experiências acumuladas com ensino e consultoria, com foco em engenharia de usabilidade. Elas correspondem a princípios de usabilidade e abrangem uma grande quantidade de problemas que usuários podem verificar numa interface. Visando testar a aplicabilidade da avaliação

heurística, eles efetuaram um conjunto de experimentos e identificaram 249 problemas de usabilidade. Com base em análises efetuadas sobre estes problemas foram criadas 9 Heurísticas de usabilidade e a décima heurística (Ajuda e Documentação) foi acrescentada numa revisão feita pelos autores (NIELSEN e MOLICH, 1990a, 1990b; NIELSEN, 1995).

A relação da heurística com usabilidade equivale a uma regra que permite identificar atributos comuns em interfaces.

A avaliação heurística é um método de inspeção usado por avaliadores especialistas em interface na busca de problemas de usabilidade, que violem uma ou mais heurísticas de um conjunto pré-definido (VALLE et al., 2013; BRUUN e STAGE, 2014; VALENTIM e CONTE, 2014). Nielsen propôs uma lista conhecida como Heurísticas de Nielsen composta de 10 heurísticas para avaliação de usabilidade em *design* de interfaces (NIELSEN, 1995; CUPERSCHMID e HILDEBRAND, 2013).

A primeira heurística diz respeito à visibilidade da situação. Ela propõe que o sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, trazendo *feedback* apropriado em tempo razoável.

A segunda heurística trata da equivalência entre a interface do sistema ao mundo real. O sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos que lhe sejam familiares buscando evitar termos orientados ao sistema. É importante que se sigam as convenções do mundo real e que a informação apareça numa forma natural e lógica.

A terceira heurística versa sobre liberdade e controle do usuário. De acordo com ela, os usuários muitas vezes escolhem funções do sistema sem querer e precisam de uma saída rápida de emergência para sair da situação. É adequado que haja funções para desfazer e refazer ações.

A quarta heurística fala sobre consistência a padrões. Para ela, os usuários não devem se preocupar com diferentes palavras, situações ou ações que tenham o mesmo significado. Ou seja, devem ser seguidas as convenções da plataforma em uso.

A quinta heurística trata da prevenção a erros. Ela estabelece que as mensagens de erro devem ser um cuidado no *design* para prevenir que um erro aconteça. É adequado eliminar condições facilitadoras de erros ou procurar por eles e apresentar ao usuário uma opção de confirmação antes de executar a ação.

A sexta heurística trata do reconhecimento ao invés da necessidade de lembrar. Deve-se minimizar a necessidade de uso de memória do usuário e deixar todos os objetos, ações e

opções visíveis. As instruções para uso do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que necessário.

A sétima heurística trata da flexibilidade e eficiência de uso. Funções aceleradoras podem agilizar a interação para o usuário que seja hábil no sistema, como por exemplo, ao permitir que estes usuários customizem acessos a ações frequentes. Ainda assim, o sistema deve atender as necessidades tanto de usuários inexperientes quanto de experientes.

A oitava heurística trata da questão da estética e *design* minimalista. Neste caso, os diálogos entre sistema e usuário não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Toda unidade extra de informação num diálogo compete com a unidade informação relevante e diminuem sua visibilidade relativa.

A nona heurística trata da necessidade do auxílio para que os usuários consigam reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros. As mensagens de erros devem ser expressas de forma completa (sem códigos), indicando precisamente o problema e construtivamente sugerindo uma solução.

A décima heurística trata da ajuda e documentação. Ainda que o ideal seja que um sistema possa ser usado sem documentação, é fundamental que todo sistema deva prover ajuda e documentação. As informações devem ser fáceis de serem procuradas e encontradas. Deve haver foco na tarefa do usuário e a documentação não pode ser muito grande.

As heurísticas de usabilidade influenciam o modelo educacional de jogos de simulação proposto por Tao, Cheng e Sun (2009).

Os fatores de aprendizagem (atmosfera de aprendizado e motivação de aprendizado) são influenciados por características do simulador que podem ser verificadas pelas heurísticas de usabilidade, tais como a visibilidade da situação do sistema, que quando baixa, dificulta e desmotiva o aprendizado, como também a heurística de equivalência da interface do sistema ao mundo real, onde o usuário pode associar o simulador a elementos de sua prática profissional diária, gerando uma atmosfera que motiva a utilização do simulador.

A teoria da confirmação da expectativa pode ser verificada pelas heurísticas consistência e aderência a padrões e reconhecimento ao invés de lembrança, que numa boa interface permite ao usuário saber onde os dados e funções estarão como também prever o comportamento da aplicação.

Dentre os vários métodos e técnicas para identificar problemas de usabilidade estão os questionários que podem ser usados para avaliar a satisfação dos usuários e ter uma melhor visão da dimensão de um possível problema. A análise de dados coletados permite avaliar hipóteses, estabelecer relações do problema com as variáveis envolvidas e se aprofundar na questão estudada. (WRINCKLER e PIMENTA, 2002; FREITAS, 2000).

A seguir verifica-se como os questionários podem ser usados para coletar dados relacionados à usabilidade e, assim, identificar problemas relacionados à qualidade do software.

3.1.2 Heurística de visibilidade da situação do sistema (H1)

Um dos grandes problemas que existe em usabilidade é o usuário receber informações desatualizadas, como se fossem atuais (NIELSEN e LORANGER, 2007).

O simulador deve trazer as informações atualizadas do jogo, tais como:

- Situação atual do jogo (Em preparação, em funcionamento, cancelado, finalizado, etc.).
- Situação atual do usuário ou equipe (pendências, decisões inseridas, equipe no jogo ou falida, etc.) no jogo.
- Prazo final para inserção das decisões da jogada atual
- Data prevista para liberação dos resultados de uma jogada já processada.
- Número da jogada atual considerando o número total de jogadas.

O simulador deve também informar o usuário sobre o resultado de uma ação de inclusão, alteração ou exclusão de dados de uma jogada.

Como alguns jogos inserem eventos inesperados pelos usuários (exemplo: desastres naturais ou acidentes que dificultam a chegada de matéria prima), é importante que o simulador demonstre claramente as mudanças ocorridas no cenário do jogo.

Desta forma, é importante que o sistema sempre informe ao usuário o que está ocorrendo, de forma contínua, buscando manter o foco do usuário no diálogo do sistema.

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.1) O Simulador informa claramente a situação atual do jogo (prazo para inserção das decisões, liberação de resultados, número de jogadas, jogada atual, etc.).

Esta afirmação verifica a opinião do usuário a respeito do simulador o manter a par do que está acontecendo, independentemente do local ou momento do jogo.

Q.11) O Simulador informa o (a) aluno (a) sobre o resultado de uma inserção, exclusão ou alteração de dados.

Esta afirmação permite verificar se o simulador informa o usuário de forma adequada sobre o resultado da operação efetuada e, assim, ele (a) tem a certeza de que seu comando teve sucesso ou se houve algum problema.

Q.21) O Simulador traz informações atualizadas sobre a situação do jogo, sempre que ocorre alguma mudança em seu cenário.

Esta questão permite identificar se o simulador está informando ao usuário as mudanças que ocorrem no cenário, o que lhe permite ajustar sua tomada de decisão em caso de mudanças.

3.1.2 Heurística de equivalência da interface do sistema ao mundo real (H2)

O simulador deve trazer situações, dados e funções que evidenciem a similaridade com o que ocorre no mundo real buscando se comunicar com o usuário em sua linguagem. Para se comunicar de forma que o usuário espera e possa entender, o simulador deve usar palavras, frases, conceitos e situações que o usuário possa associar com aquilo que existe no mundo real.

A utilização de termos técnicos, metáforas e de nomes que as pessoas não conhecem podem levar à confusão do real significado da informação que se deseja transmitir (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Os processos internos do simulador devem seguir uma sequência que seja facilmente compreendida pelo usuário. Os controles e eventuais metáforas (imagens, explicações textuais, outros elementos) utilizados na interface do simulador devem ser intuitivos e facilmente compreendidos quanto o que o usuário poderia esperar. Falsas pistas na busca de informações têm efeitos nocivos na paciência dos usuários (SUTCLIFFE, 2002).

É importante que um sistema solicite as informações necessárias numa sequência lógica, evitando a solicitação prematura de dados (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.2) O Simulador traz termos e informações coerentes à atividade profissional.

Esta afirmação permite identificar se o simulador aproxima elementos conceituais com a realidade de sua prática profissional.

Q.12) O Simulador apresenta uma interface similar ao mundo real.

Esta afirmação permite identificar se o simulador traz elementos em sua interface (tela, relatórios, áudio, vídeo, etc.) que o usuário esteja acostumado.

Q.22) O Simulador traz termos simples e fáceis de se entender, próximo ao dia a dia das pessoas.

Esta afirmação permite identificar se o simulador se comunica de forma que seja possível entender claramente o que está sendo informado ao usuário.

3.1.3 Heurística de liberdade e controle do usuário (H3)

O simulador deve permitir que o usuário cancele ou abandone uma tomada de decisão a qualquer momento. Pode existir situações, na interface, em que o usuário fique com dúvidas e que queira refletir melhor ou buscar informações complementares antes da tomada efetiva da decisão. Neste caso é importante que ele consiga abortar uma tomada de decisão sem que ocorra prejuízos ou penalidades no uso do sistema.

Também é importante que o usuário tenha condições de desfazer ou alterar uma tomada de decisão já registrada (considerando que a jogada ainda esteja no prazo para aceite de dados para a tomada da decisão), de tal forma que ele consiga retornar à situação do jogo como era antes da última tomada de decisão.

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.3) O Simulador permite desistir de uma inserção ou alteração de dados sem maiores problemas.

Esta afirmação permite identificar se o simulador prevê maneiras pelas quais o usuário possa tomar decisões temporárias, bem como alterar decisões já tomadas sem maiores problemas.

Q.13) O Simulador permite desfazer (ou alterar) uma ação feita anteriormente.

Esta afirmação permite identificar se o simulador possibilite que o usuário reavalie uma ação já tomada e possa alterá-la de forma a voltar a situação do jogo da maneira que estava anteriormente à última tomada de decisão.

Q.23) O Simulador permite a alteração de dados para que uma situação anterior possa ser novamente alcançada.

Esta afirmação permite identificar se o simulador possibilita que o usuário refaça uma ação buscando atingir uma condição que existia antes da situação em que se encontra atualmente.

3.1.4 Heurística de consistência e aderência a padrões (H4)

É necessário buscar eliminar elementos confusos do design, bem como seguir padrões, uma vez que eles permitem aos usuários realizar suas tarefas com maior satisfação (NIELSEN e LORANGER, 2007).

O acesso às funcionalidades na interface do simulador deve ser padronizado em todas as suas telas, de tal forma que o usuário saiba exatamente o local para acessar uma função ou dado. É importante que a interface e os relatórios sigam padrões de mercado (exemplo: relatório de balanço da empresa, fluxo de caixa, etc.).

Quando o desenho de um sítio segue certas convenções e diretrizes, os usuários podem colocar foco no conteúdo, ao invés de tentarem entender a navegação do site ou outros elementos inseridos no mesmo (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.4) O Simulador traz locais padronizados para acessar os dados do jogo.

Esta afirmação permite identificar se o simulador possibilita que o usuário tenha facilidade em operá-lo e acessar com facilidade dados e funcionalidades.

Q.14) O Simulador permite o acesso e a navegação na sua interface (telas) de forma padronizada.

Esta afirmação permite identificar se o simulador facilita a navegação e acesso às suas funcionalidades e informações e desta forma não geram dúvida ou confusão em sua utilização.

Q.24) Os elementos da interface do Simulador (menus, botões, imagens, etc.) são usados de forma padronizada e não confundem seu entendimento.

Esta afirmação permite identificar se o simulador opera de forma padronizada facilitando a localização e entendimento do funcionamento dos elementos, de maneira que o usuário saiba exatamente o que acontecerá ao utilizar um elemento da interface.

3.1.5 Heurística de prevenção de erros (H5)

O simulador deve disponibilizar formas de prever quando um erro pode ocorrer, como por exemplo, em situações onde um erro numa entrada de dados possa comprometer o objetivo desejado. É adequado que o simulador consiga prevenir o erro antes que ele ocorra, como por exemplo, ao detectar a entrada de um dado que esteja fora de uma faixa de valores considerado normal, ou por meio de mensagens que solicitem uma confirmação da exclusão de dados. Desta forma, é importante que o simulador sempre confirme as inclusões, alterações e exclusões de dados.

A qualidade de um sistema pode ser verificada na forma pela qual a interação entre o usuário e o sistema ocorre, principalmente na interface. Pode ser verificada também na maneira em que um sistema trata erros e acertos ou fornece os meios pelos quais o usuário consegue lidar com as dificuldades de seu uso (OLIVEIRA e LIMA, 2013).

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.5) O Simulador permite identificar possíveis situações de erro, avisando o (a) aluno (a) para que se possa tomar uma decisão para evitar que o erro ocorra.

Esta afirmação permite identificar se o simulador reduz a possibilidade de ocorrência de erros, e, assim, reduz ou elimina a possibilidade de ocorrer situações indesejadas.

Q.15) O Simulador solicita a confirmação do usuário para gravar uma alteração de dados de forma a permitir que o (a) aluno (a) desista desta alteração.

Esta afirmação permite identificar se o simulador confirma os comandos de maneira que o usuário possa ter uma segunda chance de rever uma decisão de alteração ou exclusão de dados.

Q.25) O Simulador limita valores nas decisões de forma a prevenir que o (a) aluno (a) insira valores discrepantes (ou fora da realidade).

Esta afirmação permite identificar se o simulador reduz a possibilidade de ocorrência de erros em função de inserção de dados fora de uma faixa aceitável e esperada de valores.

3.1.6 Heurística de reconhecimento ao invés de lembrança (H6)

Os usuários não gostam de percorrer vários locais na busca da informação. Pelo contrário, esperam que as informações estejam dispostas de uma forma que faça sentido. Assim, é importante a existência de *feedback* para conveniência do usuário e ignorar tal questão certamente gerará uma perda financeira, bem como dos objetivos esperados (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Elementos devem ser padronizados e inseridos na interface sempre se adequando à tarefa a ser realizada, não atrapalhando seu objetivo. Os objetivos dos controles inseridos na interface devem ser claros, de maneira que o usuário consiga intuir sobre seu uso, sempre que for possível.

Ao se deparar com tecnologia, poucas pessoas costumam ler as instruções, preferindo experimentar e, de forma vaga e plausível criam concepções sobre o que está sendo feito e como funciona um sistema (KRUG, 2006).

Os elementos da interface devem ser inseridos em locais esperados pelo usuário (exemplos: menu de opções inserido no topo ou do lado esquerdo da interface) e sempre estarem visíveis, conforme a tarefa a ser realizada, para que o usuário não precise ficar explorando a interface para localizá-los. O mesmo deve ocorrer para os dados do jogo (relatórios, resultados de jogadas, etc.).

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.6) O Simulador facilita o acesso às funcionalidades e dados, simplificando a chegada ao local onde se encontram.

Esta afirmação permite identificar se o simulador possibilita ao usuário facilitar a navegação e lembrar onde os dados e funções se encontram.

Q.16) O Simulador sempre exhibe as opções necessárias para uma tomada de decisão, de forma que não é necessário ficar clicando em algum local da tela para acessá-las.

Esta afirmação permite identificar se o simulador traz o que for necessário na interface, possibilitando ao usuário lembrar para que servem as opções apresentadas e, assim, tomar a decisão de forma rápida e eficiente, conforme o local em que ele se encontra.

Q.26) O Simulador apresenta diversos relatórios contendo os resultados das jogadas com todas as informações, de maneira que não é necessário ficar explorando a interface para localizar uma informação desejada.

Esta afirmação permite identificar se o simulador integra de forma inteligente os dados necessários para uma rápida consulta e tomada de decisão, e facilita a lembrança do local e tipo de dado esperado pelo usuário.

3.1.7 Heurística de flexibilidade e eficiência de uso (H7)

O simulador deve disponibilizar formas de agilizar a entrada de dados na tomada de decisões e, assim, ser eficiente em sua utilização (exemplo: inserir links para acesso às funcionalidades mais comuns). Ele também deve prover formas de agilizar a utilização do usuário, quando o mesmo tiver melhor conhecimento de seu funcionamento, sem prejudicar a utilização de usuários leigos ou iniciantes que ainda não tenham experiência ou conhecimento de suas funcionalidades.

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.7) O Simulador apresenta formas de agilizar a entrada de dados ou consulta de informações.

Esta afirmação permite identificar se o simulador possibilita ao usuário acessar rapidamente o local onde dados se encontram, bem como inserir rapidamente os dados esperados.

Q.17) O Simulador permite exibir ou esconder grupos de informações para agilizar a consulta em seus relatórios.

Esta afirmação permite identificar se o simulador reduz a complexidade e sobrecarga cognitiva ao mostrar apenas aquilo que é necessário conforme o contexto em que o usuário se encontra.

Q.27) O Simulador permite acelerar o acesso às funcionalidades (por meio de botões, opções de menu, links, etc.) para o (a) aluno (a) que já tenha maior experiência em sua utilização.

Esta afirmação permite identificar se o simulador possibilita acelerar o acesso às funções e dados existentes aos usuários mais experientes em seu uso (que já sabem o que significam certas funcionalidades), porém, mantendo o acesso a tais dados e funcionalidades conforme o nível de conhecimento de usuários menos experientes no simulador.

3.1.8 Heurística de estética e design minimalista (H8)

Na maioria das vezes, os usuários não se preocupam em rolar o mouse para acessar informações abaixo da linha de dados visíveis da página. Às vezes, eles podem estar tão ocupados, que em situações de grande quantidade de informação, eles só se preocupam em se aprofundar nas páginas quando percebem claramente que as informações disponíveis fornecem algo de valor (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Desta forma, a interface do jogo deve ter apenas a quantidade necessária de dados, conforme a tarefa a ser executada. O desenho da interface deve mostrar claramente os elementos de dados (textos, gráficos, vídeos, áudios, etc.), bem como os elementos para acesso às funcionalidades (ícones, links, imagens, etc.), de forma que não atrapalhe nem traga confusão ao objetivo do usuário num dado momento (exemplo: ícones pequenos que não saltem aos olhos, no momento em que o usuário esteja efetuando a leitura de resultados de uma jogada).

Blocos densos de textos são um dos malefícios que causam repulsa aos usuários, uma vez que eles sugerem aos usuários que eles terão a árdua tarefa de localizar e extrair as informações desejadas (NIELSEN e LORANGER, 2007).

Assim, a interface deve prover o mínimo de informações e buscar exibir mais detalhes somente quando necessário pelo usuário.

Também é adequado que haja uma clara separação das áreas de dados das áreas de acesso às funções ou de status do jogo, para que o usuário coloque foco na tarefa desejada.

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.8) O Simulador é conciso na apresentação de informações e não gera grande volume de dados desnecessários.

Esta afirmação permite identificar se o simulador traz apenas os dados necessários e esperados em dado contexto de uso.

Q.18) O Simulador emite suas mensagens e informes trazendo apenas a informação necessária e relevante.

Esta afirmação permite identificar se o simulador é claro e preciso em sua comunicação.

Q.28) O Simulador coleta do (a) aluno (a) apenas a informação necessária para a tomada da decisão (da jogada).

Esta afirmação permite identificar se o simulador solicita apenas o necessário num dado momento e local.

3.1.9 Heurística de reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros (H9)

O simulador deve buscar facilitar ao usuário a identificação do tipo de erro ocorrido, bem como informar claramente o que ocorreu, ao usuário.

É também importante que ele informe como o usuário pode se recuperar do erro ocorrido, por meio de sugestões ou ferramentas internas e prover sugestões úteis e fáceis de serem seguidas para que o usuário consiga lidar adequadamente com o erro ocorrido.

Erros podem vir de vários locais e em várias formas, como por exemplo, em função da limitação do entendimento das informações existentes (FILGUEIRAS e BEGOSSO, 2005).

Incidentes em que os usuários se confundam, mas que possam tentar fazer algo para continuar usando são passíveis de ocorrer desde que a motivação do usuário esteja em alta. Erros para os quais não existam recuperação devem ser eliminados (SUTCLIFFE, 2002).

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.9) O Simulador quando apresenta um erro, o faz numa mensagem clara, indicando precisamente qual foi o erro encontrado.

Esta afirmação permite identificar se o simulador é claro e conciso na identificação dos erros que ocorreram, o que evita a tomada de decisão incorreta baseada em entendimento inadequado do problema apresentado ao usuário.

Q.19) O Simulador traz sugestões para construtivamente recuperar um erro ocorrido.

Esta afirmação permite identificar se o simulador auxilia o usuário na recuperação de um erro que aconteceu com ações que realmente consigam reverter ou diminuir o impacto deste erro.

Q.29) O Simulador traz boas sugestões e conselhos para o usuário sempre que algum tipo de erro ocorre.

Esta afirmação permite identificar se o simulador tem a capacidade de relacionar erros existentes com possíveis formas de resolução e, assim, facilitar ao usuário a melhor tomada de decisão bem como evitar situações problemáticas advindas da ocorrência do erro.

3.1.10 Heurística de ajuda e documentação (H10)

O simulador deve disponibilizar auxílio localizado, no contexto onde o usuário se encontrar, de maneira a facilitar o entendimento dos dados apresentados, das funcionalidades existentes, e do acesso às outras áreas. Ele deve prover formas rápidas e fáceis para acesso às informações disponíveis (exemplo: apostilas, vídeos, áudios, FAQs, etc.), como também permitir formas rápidas de se efetuar buscas de informações objetivando eliminar suas dúvidas e maximizar a chance de obtenção de sucesso em sua tarefa.

Para avaliar a usabilidade conforme esta heurística e justificativas indicadas, foram criadas as seguintes afirmações:

Q.10) O Simulador oferece ajuda segundo o contexto da tarefa que está sendo realizada.

Esta afirmação permite identificar se o simulador simplifica o entendimento da ação a ser tomada no local em que o usuário se encontra.

Q.20) O Simulador traz manuais, dicas e orientações que permitem ao aluno (a) rapidamente eliminar dúvidas quanto à sua utilização no local em que se encontra.

Esta afirmação permite avaliar se o simulador facilita o entendimento de seu funcionamento e quando houver dificuldades, se ele traz ferramentas para localizar a informação desejada de forma rápida e precisa.

Q.30) O Simulador permite a rápida busca de informações, com base no local (tela, relatório, etc.) em que o (a) aluno (a) se encontrar.

Esta afirmação permite identificar se o simulador adapta-se ao contexto em que o usuário se encontra buscando facilitar o entendimento das funcionalidades ou locais onde os dados se encontram.

Para cada afirmação apresentada, o respondente deverá selecionar uma opção de uma escala de valores que representa sua percepção quanto à heurística avaliada.

3.2 Escala de valores das afirmações

Cada questão é apresentada no questionário como uma afirmação e relacionada à uma heurística de usabilidade. O respondente deve escolher um valor na escala Likert, onde o menor valor (1) corresponde à sua máxima discordância quanto à afirmação colocada na afirmação, enquanto que o maior valor (5) representa sua máxima concordância. A escala de valores proposta representa tendências de avaliação negativa (valores de 1 a 2), mediana (valor 3) e positiva (4 a 5) com respeito a estes aspectos de usabilidade presentes no jogo de empresas que está sendo avaliado.

Conforme verificado anteriormente, cada valor representa um nível de concordância ou discordância de uma afirmação de usabilidade, a ser escolhido pelo respondente.

O valor mínimo (1) representa uma grave falha de usabilidade, enquanto que o valor máximo representa a melhor qualidade percebida de usabilidade, quanto à heurística avaliada, conforme pode ser observado no quadro 6.

Quadro 6: Escala de valores de percepção de qualidade do questionário do respondente

Valor da avaliação do respondente	Resultado da Avaliação
1	A pior qualidade possível
2	Baixa qualidade
3	Qualidade regular (aceitável)
4	Boa qualidade
5	Ótima qualidade

Fonte: O autor

As heurísticas que apresentaram menor valor apontam existência de espaços para correções, ajustes e melhorias, enquanto que as que apresentaram maior valor representam a percepção de que elas atendem melhor o quesito de usabilidade avaliado.

É importante destacar que ainda que o respondente tenha avaliado bem uma heurística (valor próximo ou igual a 5), não significa obrigatoriamente que não exista espaço para melhoria do simulador.

A melhoria pode ser obtida de forma continuada, com a adição de novos recursos e melhor entendimento dos objetivos do usuário visando melhorar a interface e seu uso, impactando diretamente da percepção da qualidade que o usuário tem quanto ao simulador utilizado.

A criação de três afirmações por heurística visou ter formas alternativas de se buscar a melhor percepção do respondente. Caso o usuário optasse por não responder uma das afirmações (opção “Não sei responder/Não se aplica”), em caso de indecisão ou dúvida, quanto ao seu entendimento ou propósito, as demais duas afirmações da mesma heurística seriam alternativas para coleta da avaliação da heurística desejada.

A opção “Não sei responder / Não se aplica” permite melhorar a qualidade do questionário, de forma que, caso um respondente tenha dúvidas em afirmações específicas, ele pode escolher esta opção, de forma a não prejudicar a qualidade da coleta dos dados da pesquisa.

A partir dos dados coletados nos questionários foi efetuado um cálculo matemático visando a obtenção de uma pontuação geral que represente um nível de qualidade de usabilidade de um simulador de jogos de empresas.

3.3 Cálculo da pontuação geral de usabilidade

O processo proposto neste estudo efetua um cálculo de pontuação geral de usabilidade e uma pontuação de usabilidade por heurística.

Alguns dos objetivos onde se busca obter uma pontuação de usabilidade de um simulador de jogos de empresas são:

- Estabelecer um valor inicial que possa ser usado como registro histórico de pontuação de usabilidade de simuladores de jogos de empresas.
- Comparar dois simuladores diferentes quanto às suas usabilidades.
- Verificar se uma nova versão do mesmo simulador tem melhor usabilidade.
- Identificar aspectos de usabilidade com base nas heurísticas de Nielsen que precisam ser melhorados.
- Definir prioridades de melhorias e correções num simulador com base nas pontuações obtidas.

A pontuação de usabilidade pode ser uma ferramenta para auxiliar numa eventual tomada de decisão quanto à aquisição, manutenção ou troca de um simulador de jogos de empresas numa instituição.

No quadro 7 são apresentados os valores para cada afirmação respondida pelo respondente, subtraindo-se um (1) do valor escolhido.

Desta forma, o valor mínimo da escala apresentada ao respondente na afirmação da heurística avaliada não pontuará (nota zero), enquanto que o valor máximo da escala pontuará com a nota quatro.

Quadro 7: Pesos das afirmações das heurísticas de Nielsen do questionário do aluno

Valor da avaliação do respondente	Resultado da Avaliação	Valor ajustado
1	A pior qualidade possível	0
2	Baixa qualidade	1
3	Qualidade regular (aceitável)	2
4	Boa qualidade	3
5	Ótima qualidade	4

Fonte: O autor

O cálculo da pontuação geral de usabilidade (PGU) é baseado no questionário de percepção de usabilidade de uma turma e funciona da seguinte forma:

- a) Conta-se o número total de afirmações respondidas (nQR) em todos os questionários de uma turma. Ainda que existam 30 afirmações totais num questionário, é importante salientar que algumas afirmações podem não ter sido respondidas por alguns alunos (optaram pela opção “Não sei responder / Não se aplica”).

O quadro 8 exemplifica a contagem de afirmações respondidas por um número hipotético de 5 respondentes. Caso todas as afirmações estivessem sido respondidas, teríamos um total de 150 afirmações.

É possível verificar no quadro apresentado nesta exemplificação que nem todas as afirmações foram respondidas. O número total de afirmações respondidas neste exemplo é de 128 (cento e vinte e oito).

Quadro 8: Contagem de número de afirmações respondidas

Heurística	Respostas	Total
1- Visibilidade da situação do sistema	5+5+4	14
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	5+5+5	15
3 - Liberdade e controle do usuário	5+4+4	13
4 - Consistência e aderência a padrões	5+5+3	13
5 - Prevenção de Erro	5+2+3	10
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	5+5+4	14
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	4+4+4	12
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	4+4+5	13
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	4+3+5	12
10 - Ajuda e documentação	5+2+5	12
	Total (nQR)	128

Fonte: O autor

- b) Multiplica-se este número (nQR) pelo valor máximo que uma afirmação pode ter (quatro), chegando ao valor máximo de usabilidade percebida pela turma (vM), conforme pode exemplificado no quadro 9.

Cada afirmação usou a escala Likert de 1 a 5, mas todos os valores da escala foram reduzidos em 1 (um), conforme apresentado anteriormente.

Quadro 9: Cálculo do valor máximo das afirmações do questionário do aluno

Heurística	Total	Valor Máximo Unitário	Valor Máximo Total
1- Visibilidade da situação do sistema	14	4	56
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	15	4	60
3 - Liberdade e controle do usuário	13	4	52
4 - Consistência e aderência a padrões	13	4	52
5 - Prevenção de Erro	10	4	40
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	14	4	56
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	12	4	48
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	13	4	52
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	12	4	48
10 - Ajuda e documentação	12	4	48
TOTAIS	128	40	512

Fonte: O autor

- c) Somam-se os valores de todas afirmações respondidas (A1 a A30), de todos os questionários dos alunos respondentes desta turma (vR), conforme pode ser verificado no exemplo contido na tabela 4. As posições sem valor representam afirmações não respondidas.

O valor total da somatória das afirmações foi de 372 (trezentos e setenta e dois).

Tabela 4: Soma dos valores das afirmações do questionário do aluno

	R1	R2	R3	R4	R5	TOTAIS
A1	4	2	4	2	4	16
A2	3	4	3	3	2	15
A3	4	4	3	4	4	19
A4	2	1	3	4	2	12
A5	3	2	3	2	0	10
A6	3	3	3	4	3	16
A7	3	2		2	1	8
A8	4	3	3		3	13
A9	3		2	2	1	8
A10	2	2	3	3	4	14

Fonte: O autor

Tabela 4: continuação

	R1	R2	R3	R4	R5	TOTAIS
A11	4	3	4	2	4	17
A12	3	3	4	2	2	14
A13	4		4	3	4	15
A14	2	1	1	3	4	11
A15			2	1		3
A16	3	4	4	2	3	16
A17	3	4		2	2	11
A18	3	3	4	4		14
A19		3		2	0	5
A20		2		3		5
A21		4	4	2	2	12
A22	4	3	3	3	2	15
A23	4	4		4	3	15
A24	4	4	3	3	2	16
A25	1			2	0	3
A26		3	4	3	2	12
A27	4	4		2	1	11
A28	3	3	4	4	3	17
A29	3	3	3	2	2	13
A30	3	3	3	3	4	16
Total	79	77	74	78	64	372

Fonte: O autor

- d) Divide-se este valor ($vR = 372$) pelo valor máximo de usabilidade possível ($vM=512$) e desta forma obtém-se uma proporção (0,727), que representa um valor na faixa de 0 a 1 de vM .
- e) Multiplica-se este valor por 10 e desta forma temos a pontuação geral de usabilidade (PGU) de avaliação deste simulador, de acordo com a fórmula, a seguir: $PGU = (vR/ vM) * 10$.

Com base no exemplo apresentado, o cálculo de pontuação geral de usabilidade gerou uma pontuação de 7,27 pontos.

O próximo passo é efetuar o cálculo por heurística.

3.4 Cálculo de pontuação de usabilidade por heurística

O cálculo de pontuação de usabilidade por heurística segue o mesmo procedimento de cálculo da pontuação geral de usabilidade, limitando-se aos valores de usabilidade coletados na pesquisa por heurística.

Considerando que no questionário existem 3 afirmações por heurística, o procedimento abaixo foi executado para se exemplificar o cálculo da pontuação de cada heurística avaliada:

- a) Para uma determinada heurística, identificam-se suas 3 afirmações no questionário (Exemplo: A heurística “1-visibilidade da situação do sistema” tem no questionário as afirmações A1, A11 e A21).
- b) Conta-se o número total de afirmações respondidas (nQR) em todos os questionários de uma turma, por heurística.
- c) Multiplica-se este número (nQR) pelo valor máximo que uma afirmação pode ter (quatro), chegando ao valor máximo de usabilidade percebida pela turma para cada heurística (vM).
- d) Para cada uma das três afirmações da heurística avaliada, pega-se o valor escolhido pelos respondentes e subtrai-se um (1), obtendo-se uma pontuação de 0 a 4 (peso ajustado). O quadro 10 apresenta um exemplo de cálculo da pontuação de uma heurística “X”.

Quadro 10: Cálculo da pontuação de usabilidade por heurística com peso ajustado

Heurística X	A1	A2	A3
Posição no questionário	1	11	21
Pontuação escolhida pelo respondente	5	4	4
Peso ajustado (subtraído de 1)	4	3	3

Fonte: O autor

- e) Somam-se os valores de todas as afirmações respondidas, por heurística, dos questionários desta turma (EvR = 372). Obtém-se a média dos valores (mRealT1) pela divisão do valor total pelo número de heurísticas (EvR /10). Estes cálculos são mostrados no quadro 11.

Quadro 11: Totais das afirmações respondidas por heurística

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	TOTAL
Respondente 1	8	10	12	8	4	6	10	10	6	5	
Respondente 2	9	10	8	6	2	10	10	9	6	7	
Respondente 3	12	10	7	7	5	11	0	11	5	6	
Respondente 4	6	8	11	10	5	9	6	8	6	9	
Respondente 5	10	6	11	8	0	8	4	6	3	8	
TOTAIS	45	44	49	39	16	44	30	44	26	35	372

Fonte: O autor

- f) Divide-se a soma total de cada heurística (exemplo: vR) pelo valor máximo (de percepção de usabilidade) de cada heurística (exemplo: vM) e desta forma obtém-se uma proporção (exemplo: pH), que representa um valor na faixa de 0 a 1 de vM, conforme apresenta o quadro 12.

Quadro 12: Proporção da pontuação obtida por heurística

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Totais
Soma	45	44	49	39	16	44	30	44	26	35	372
Máximo	56	60	52	52	40	56	48	52	48	48	512
Proporção	0,804	0,733	0,942	0,750	0,400	0,786	0,625	0,846	0,542	0,729	7,1569

Fonte: O autor

A soma das proporções obtidas gerou um valor (7,1569) que é diferente da relação entre a soma e seu valor máximo ($372/512*10=7,265$). É necessário efetuar um ajuste final nas proporções obtidas. O fato do respondente poder descartar afirmações (escolher a opção de que não se aplicam) faz com que o número total de afirmações respondidos possam variar por heurística e, assim, a proporção obtida precisa passar por um ajuste (normalização).

Para se obter o fator de ajuste (exemplo: aj) divide-se o valor máximo de afirmações por heurística (exemplo: vM) pelo número máximo total de afirmações (exemplo: vM).

O quadro 13 apresenta os valores de ajustes obtidos.

Quadro 13: Cálculo do ajuste das proporções (normalização)

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Totais
Máximo	56	60	52	52	40	56	48	52	48	48	512
Ajuste	0,109	0,117	0,102	0,102	0,078	0,109	0,094	0,102	0,094	0,094	1,0

Fonte: O autor

- g) Em seguida, deve-se aplicar os ajustes nas proporções obtidas anteriormente. Para isto, multiplica-se a proporção de cada heurística (pH) pelo ajuste de cada heurística (exemplo: aj) e em seguida multiplica-se por 10 conforme pode ser verificado no quadro 14.

Quadro 14: Proporção ajustada da pontuação obtida por heurística

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Totais
Proporção	0,804	0,733	0,942	0,750	0,400	0,786	0,625	0,846	0,542	0,729	7,156
Ajuste	0,109	0,117	0,102	0,102	0,078	0,109	0,094	0,102	0,094	0,094	1,0
Proporção Ajustada	0,879	0,859	0,957	0,762	0,313	0,859	0,586	0,859	0,508	0,684	7,265

Fonte: O autor

É possível notar que a soma das proporções ajustadas igualará a relação entre a soma dos valores reais e a soma dos valores máximos.

- h) O passo final consiste em multiplicar a proporção ajustada por 10 para calcular a pontuação geral de usabilidade de cada heurística (PHn) avaliada neste simulador, o que pode ser feito de acordo com a fórmula apresentada na figura 15.

Figura 15: Fórmula para cálculo da pontuação de usabilidade por heurística

$$PHn = \left(\frac{vRHn}{vMHn} \right) * aj * 10$$

Fonte: O autor

Na fórmula apresentada, “n” representa uma determinada heurística que está sendo avaliada (calculada) e PHn representa o valor total do cálculo que define a pontuação de usabilidade da heurística. Conforme já mencionado, vRHn representa o valor total de pontos para a heurística avaliada, obtido dos questionários da pesquisa aplicada, vMHn representa o valor máximo de pontos que a heurística avaliada poderia atingir e aj representa o ajuste necessário para se normalizar a proporção obtida do valor obtido pelo seu valor máximo de usabilidade da heurística avaliada.

O quadro 15 apresenta o cálculo final da pontuação de usabilidade por heurística.

Quadro 15: Cálculo da pontuação de usabilidade por heurística

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Totais
Proporção	0,804	0,733	0,942	0,750	0,400	0,786	0,625	0,846	0,542	0,729	0,727
Pontuação	8,04	7,33	9,42	7,50	4,00	7,86	6,25	8,46	5,42	7,29	7,27

Fonte: O autor

Estas pontuações representam notas de 0 (zero) a 10 (dez) que cada heurística está obtendo conforme o processo aplicado na pesquisa feita com base no simulador avaliado.

Estes cálculos mostram de que forma o processo proposto calcula a pontuação de usabilidade, porém, ele considera todas as heurísticas de forma igual (mesmo peso). Por outro lado, podem existir situações onde algumas heurísticas tenham maior relevância que outra para o professor de jogo de empresas, conforme seu contexto de aplicação. Neste caso, pode ser necessário relativizar a pontuação obtida conforme a importância relativa destas heurísticas.

Para isto, foi desenvolvido o questionário de importância das heurísticas de Nielsen (Anexo B - Questionário de importância das heurísticas de Nielsen).

3.5 Questionário de importância das heurísticas de Nielsen

O questionário de importância das heurísticas de Nielsen é respondido pelos professores de jogos de empresas e permite realizar o ajuste fino quanto ao grau de importância dado às heurísticas, de acordo com aspectos que só podem ser identificados pelos professores.

Para que este questionário possa ser aplicado existe a necessidade dos professores sejam assessorados por um especialista em usabilidade que se certificará que as heurísticas foram compreendidas pelos professores.

3.5.1 O professor de jogos de empresas

O professor de jogos de empresas tem papel fundamental no processo da aplicação de uma simulação. Ele deve estar capacitado para aplicar o simulador para uma turma, para orientar os alunos em sua utilização, para eliminar casos em que ocorram dúvidas, para

identificar situações em que ocorram não conformidades, isto é, quando o simulador funcionar de maneira incorreta e, assim, contatar com rapidez o suporte do fabricante do sistema na busca de uma solução.

É importante que o professor tenha razoável nível de conhecimento dos conceitos de gestão aplicados na simulação, especialmente em caso de dúvidas ou não concordância por alunos de eventuais informações (telas, relatórios, etc.) que o simulador venha a disponibilizar.

O professor pode ter uma atuação próxima (presencial) ou distante (EAD) de sua turma e isto pode influenciar a maneira pela qual os alunos serão treinados quanto ao uso do simulador, como por exemplo, quanto à consulta de manuais e apostilas de apoio, que pode ser intensiva, nos casos em que o professor tenha pouca disponibilidade para interação com seus alunos (presencialmente ou a distância).

3.5.2 O especialista em usabilidade de sistemas

O especialista em usabilidade de sistemas é o profissional que tem o conhecimento de assuntos relacionados à interação humano-computador, em particular, das facilidades, dificuldades e problemas que uma interface de sistema pode apresentar ao usuário em certos contextos de utilização. Além disso, ele também deve conhecer técnicas que permitam a avaliação de usabilidade, por meio das heurísticas de Nielsen.

Este perfil de profissional é adequado quando se busca avaliar questões práticas ou subjetivas relacionadas à usabilidade de interface de sistemas, na busca de potenciais problemas e na proposta de soluções.

3.5.3 A importância relativa de heurísticas de usabilidade

Conforme já foi apresentado, as heurísticas de usabilidade de Nielsen são elementos que podem ser usados na avaliação de usabilidade de software e que permitem verificar diversos aspectos de usabilidade, como por exemplo, a forma pela qual um sistema lida com erros, a questão estética da interface, a questão da sobrecarga cognitiva (quantidade excessiva de dados na interface), a existência ou falta de documentação e ajuda na interface, etc.

Existem situações em que uma heurística pode ser mais ou menos importante na avaliação de usabilidade. Isto pode ocorrer por diversos motivos, como por exemplo, pela presença do professor, que, num curso presencial, pode dar maior apoio aos estudantes para eliminar suas dúvidas, e conseqüentemente gerar baixa quantidade de acesso à documentação e ao sistema de ajuda do simulador.

A qualidade da documentação e da ajuda do sistema torna-se extremamente importante em cursos baseados no ensino a distância ou em casos onde a postura do professor com relação aos seus alunos seja de incentivá-los à exploração do sistema por conta própria, ou em casos onde a disponibilidade do professor seja baixa.

De forma similar, outras situações podem influenciar a importância das heurísticas, como por exemplo, o local onde a prática ocorre (estudo, acesso e análise dos dados e tomada de decisões), que pode ser em laboratório da instituição educacional, onde os alunos podem se reunir e navegar na interface, analisar os dados da simulação em conjunto, e aprender enquanto exploram a interface, eliminando dúvidas com o apoio dos colegas, o que é diferente de um aluno analisar sozinho os resultados da jogada ou explorar a interface para execução de suas tarefas.

Existe a possibilidade de um simulador ter interface similar a outro software utilizado na instituição pelos alunos, o que facilita no uso do simulador, já que os padrões da interface são conhecidos.

3.5.4 O preenchimento do questionário do professor

Foi desenvolvido o questionário do professor, que introduz e descreve as dez heurísticas de Nielsen adaptadas a um simulador de jogos de negócios. A descrição destas heurísticas foi apresentada e detalhada, porém, não pode se esperar que um professor consiga diferenciar aspectos ou características de usabilidade se ele não for um especialista da área de interação humano-computador.

Para se obter um questionário de maior qualidade é importante que o professor seja acompanhado de um especialista em usabilidade que deverá explicar as características e diferenças entre as heurísticas, de maneira que o professor tenha um entendimento adequado para o preenchimento do questionário.

Cada uma das situações apresentadas pode impactar diretamente na importância de uma heurística, conforme o contexto e o entendimento do professor que aplica o jogo.

Nos casos em que existam circunstâncias em que uma heurística tenha maior importância do que outra, torna-se importante oferecer ao professor responsável uma forma de definir a importância de tais heurísticas. Desta forma, ele pode verificar se a pontuação geral de usabilidade sofreu variação conforme as importâncias relativas das heurísticas.

Para isto, é importante inserir o professor, que conhece o contexto e as variáveis onde a simulação ocorre, como elemento participante e ativo da avaliação, de maneira a decidir, quais são as importâncias de cada heurística.

Neste processo, a visão do professor quanto à importância das heurísticas deve ser considerada de modo a permitir a ponderação dos pesos das heurísticas avaliadas. Para tal tarefa o processo proposto prevê o uso do método AHP.

3.5.5 Uso do método AHP para relativização das heurísticas

O método de decisão multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*), muito usado no mercado, permite estabelecer comparações entre elementos de tipos diferentes e muitas vezes de natureza abstrata, de forma a obter pesos que auxiliem na análise e na tomada de decisão.

Uma das vantagens em se aplicar o método AHP é a possibilidade de relativização da importância dos critérios de usabilidade, que foram base das afirmações que usaram as heurísticas. Por meio deste método, geram-se pesos quantitativos para cada heurística equivalente às suas importâncias relativas. A partir destes pesos é possível efetuar um ajuste fino na pontuação de usabilidade e, em caso positivo, obter uma pontuação diferenciada que, segundo a ótica do professor, permita melhor avaliar a usabilidade do simulador considerando a importância relativa das heurísticas.

Esta pontuação de usabilidade ponderada poderá diferenciar-se da pontuação geral de usabilidade uma vez que ela não pontua todas as heurísticas de forma igual (peso=1).

Cabe verificar como a pontuação ponderada refletirá a visão da importância que o professor tem das heurísticas e o impacto que ela causará na pontuação geral de usabilidade. Tais pontuações podem fornecer subsídios para uma tomada de decisão que seja influenciada pelas importâncias relativas das heurísticas avaliadas.

3.6 Cálculo da pontuação ponderada de usabilidade

Com base no questionário do professor deve ser aplicado o método AHP, onde uma heurística será avaliada a outra (par a par), para ter suas importâncias relativas comparadas uma à outra. Desta forma, todas as heurísticas serão comparadas.

Nesta comparação, o professor pondera um par de heurísticas com base numa faixa de valores de um (1) a nove (9), baseado na escala fundamental de Saaty (1991). Caso o professor entenda que numa determinada comparação, ambas heurísticas tenham a mesma importância, ele é orientado a escolher o valor um (1). Caso contrário, na comparação, ele escolhe a heurística que entenda ser mais relevante, e determina um valor. O quadro 16 detalha o significado dos valores desta escala.

Quadro 16: As heurísticas de usabilidade e a escala de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Heurísticas comparadas têm mesma importância na análise.
3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem moderadamente uma heurística sobre outra.
5	Importância forte	Uma heurística é mais importante do que a outra.
7	Muito forte ou importância demonstrada	Uma heurística é muito favorita frente a outra. Sua dominância é demonstrada de forma prática.
9	Extremamente importante	A evidência que favorece uma atividade sobre outra é da mais alta ordem possível.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Utiliza-se na busca de um valor que represente uma relação intermediária entre seus valores extremos.
Reciprocidade dos itens acima	Heurística i tem um número acima (não zerados), quando comparada com a heurística j, então j tem o valor recíproco quando comparado a i	Caracteriza uma presunção razoável
1.1 – 1.9	Se as heurísticas estão muito próximas	Pode ser difícil definir o melhor valor, mas quando comparado com outras heurísticas contrastantes, o tamanho dos números menores não deveria ser tão destacado, e ainda, eles podem indicar a importância relativa das heurísticas.

O objetivo final é obter um peso relativo para cada heurística, segundo suas importâncias, com base na experiência do professor quanto ao contexto onde o jogo é aplicado e na aplicação do método AHP. Com estes pesos busca-se calcular uma pontuação de usabilidade ponderada para cada heurística.

Os passos abaixo foram realizados para cálculo da pontuação ponderada de usabilidade conforme as importâncias relativas das heurísticas.

- a) Foi aplicado um questionário, junto ao professor responsável de cada turma respondente (dos questionários de percepção de usabilidade). O objetivo foi identificar, segundo o ponto de vista do professor consultado, a importância relativa das heurísticas de usabilidade de Nielsen.
- b) Uma vez identificadas as importâncias relativas de cada heurística de Nielsen, foi aplicado o método de decisão multicritério (AHP), visando obter os pesos de cada heurística.
- c) Os pesos de cada heurística foram aplicados às pontuações das heurísticas dos questionários de percepção de usabilidade obtidos da pesquisa respondida pelos alunos visando obter uma pontuação ponderada de usabilidade. Tal pontuação reflete a importância maior ou menor das heurísticas, que leva em conta a importância relativa das heurísticas, representando um possível ajuste final da pontuação conforme a visão do professor. Uma pontuação diferente (para maior ou menor) pode influenciar a tomada de decisão do professor, como por exemplo, pela adoção ou mudança de um ou outro simulador de jogos de empresas, com base na importância relativa das heurísticas avaliadas.

Os valores obtidos por cada heurística avaliada pelos alunos, foram relativizados de acordo com os pesos obtidos pela aplicação do método AHP, com base no questionário de importância de heurísticas do professor, de forma a compor as pontuações totais ponderados por heurística, conforme seus graus de importância definidos e calculados com base no questionário do professor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme já descrito na metodologia deste trabalho, após a elaboração do processo proposto, foram realizadas duas avaliações de usabilidade em jogos de empresas, usando-o para verificar sua aplicabilidade. Em seguida, foi efetuada uma análise do processo com base nos resultados verificados. A construção da pesquisa e os resultados serão apresentados, a seguir.

4.1 Validação do Processo de Avaliação de usabilidade proposto

A fim de validar o processo de avaliação de usabilidade de jogos de empresas proposto, foram efetuadas duas avaliações de percepção de usabilidade de dois simuladores de jogos de empresas diferentes, junto a duas turmas de cursos de pós-graduação de uma mesma instituição universitária, que atua em todo o território brasileiro de forma direta ou por meio de polos.

Ambos os simuladores funcionam de forma similar, esperando dos alunos a inserção de decisões relacionadas às tomadas de decisões de forma integrada e relacionadas às diversas áreas de gestão corporativa, dentre elas a área de produção, logística, financeira, comercial, marketing, recursos humanos bem como decisões de ordem estratégica.

Após encerradas as disciplinas, os alunos foram convidados a preencher as pesquisas criadas e disponibilizadas por meio do *Google Forms*.

A primeira avaliação ocorreu em março de 2017 com uma turma de 37 alunos na cidade de Campinas, São Paulo, do curso pós-graduação MBA em gestão estratégica e econômica de negócios, onde houve 19 alunos respondentes que utilizaram o simulador A. A segunda avaliação ocorreu em março de 2017 com uma turma de 22 alunos na cidade de Vitória da Conquista (Bahia), do curso pós-graduação MBA em gestão estratégica e econômica de negócios, com 13 alunos respondentes totais, que utilizaram o simulador B.

Os professores responsáveis pelas turmas dos simuladores selecionados preencheram e entregaram os questionários de relevância das heurísticas em março de 2017. Estes professores não tinham conhecimentos de usabilidade e, em função disto, foram orientados por um especialista quanto ao significado de cada heurística de usabilidade existente no questionário apresentado, que explicou aos professores os conceitos de cada heurística, com foco no

simulador e tirou suas dúvidas durante o preenchimento do questionário, permitindo que os professores entendessem o objetivo de cada heurística. Os questionários foram usados para relativizar as pontuações das heurísticas das avaliações efetuadas e verificar as diferenças de pontuações dos simuladores avaliados. Serão analisados os resultados obtidos, a seguir.

4.2 Resultados dos processos de avaliação

Os resultados obtidos estão relacionados às duas avaliações com dois diferentes simuladores sobre percepção de usabilidade feitas com alunos e com o questionário de ponderação das heurísticas apresentado aos professores e serão apresentados, a seguir.

4.2.1 Resultados da primeira avaliação – Simulador A - Campinas

Apresenta-se na tabela 5 os valores máximos e reais obtidos na primeira avaliação de usabilidade feita com alunos, as proporções para cálculo conforme o processo proposto, os resultados finais das pontuações de cada heurística e da pontuação geral de usabilidade.

Tabela 5: Dados processados – Simulador A

Heurística	Valores Máximos	Valores Reais	Proporção	Ajuste	Pontuação
H1	228	193	84,6%	0,101	8,59
H2	228	179	78,5%	0,101	7,96
H3	228	178	78,1%	0,101	7,92
H4	228	177	77,6%	0,101	7,87
H5	224	155	69,2%	0,100	6,90
H6	228	144	63,2%	0,101	6,41
H7	228	145	63,6%	0,101	6,45
H8	228	180	78,9%	0,101	8,01
H9	200	121	60,5%	0,089	5,38
H10	228	150	65,8%	0,101	6,67
Totais	2248	1622	72,2%	1,00	7,22

Fonte: O autor

A pontuação geral de usabilidade calculada no processo para a avaliação de usabilidade do simulador A é de 7,22 pontos, numa escala de 0 a 10.

Verificou-se que a heurística H6 (reconhecimento ao invés de lembrança) foi a que teve o maior coeficiente de variação com base na amostra analisada e, assim, sua distribuição deve ser analisada por meio de um histograma para se buscar verificar se os respondentes estão indecisos quanto às suas escolhas ou se existe um padrão (exemplo: simétrico) da variação.

4.2.2 Pontuação ponderada do simulador A conforme as relevâncias das heurísticas

Com base no questionário entregue pelo professor responsável pela aplicação do simulador A e no método AHP, foi criada a matriz de comparação quadrada de critérios. Ela representa os julgamentos efetuados pelo professor com relação às importâncias relativas das heurísticas. A leitura se faz por linha. Quando uma mesma heurística se encontra (linha e coluna), o valor atribuído é 1. A tabela 6 apresenta o valor calculado das comparações (par a par) efetuadas.

Tabela 6: Matriz de comparação quadrada de critérios – Simulador A

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
H1	1	1	3	1	0,33	1	3	3	0,20	5
H2	1	1	5	1	0,20	3	5	5	0,33	5
H3	0,33	0,20	1	0,33	0,20	0,33	1	2	0,20	3
H4	1	1	3	1	0,33	1	3	7	0,20	3
H5	3	5	5	3	1	3	5	7	3	7
H6	1	0,33	3	1	0,33	1	5	3	0,33	7
H7	0,33	0,20	1	0,33	0,20	0,20	1	3	0,33	3
H8	0,33	0,20	0,50	0,14	0,14	0,33	0,33	1	0,20	3
H9	5	3	5	5	0,33	3	3	5	1	9
H10	0,20	0,20	0,33	0,33	0,14	0,14	0,33	0,33	0,11	1
SOMA	13,19	12,13	26,83	13,13	3,20	13,0	26,66	36,33	5,90	46,0

Fonte: O autor

A comparação entre os critérios é feita com base na escala fundamental dos números absolutos (Saaty, 1990), apresentada previamente neste trabalho.

O próximo passo é verificar a prioridade relativa de cada critério. Para isto, normaliza-se os valores obtidos na matriz de comparação, processo que ocorre pela divisão de cada elemento da matriz pela soma de todas as entradas da coluna onde o elemento se encontra (SAATY, 2008). Desta forma, os critérios serão nivelados de forma proporcional buscando manter uma mesma unidade.

A tabela 7 apresenta a matriz totalizada de comparação de pesos entre os critérios (A) com os cálculos efetuados e a soma de cada coluna.

Tabela 7: Matriz normalizada de critérios – Simulador A

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
H1	0,076	0,082	0,112	0,076	0,103	0,077	0,113	0,083	0,034	0,109
H2	0,076	0,082	0,186	0,076	0,063	0,231	0,188	0,138	0,056	0,109
H3	0,025	0,016	0,037	0,025	0,063	0,025	0,038	0,055	0,034	0,065
H4	0,076	0,082	0,112	0,076	0,103	0,077	0,113	0,193	0,034	0,065
H5	0,227	0,412	0,186	0,228	0,313	0,231	0,188	0,193	0,508	0,152
H6	0,076	0,027	0,112	0,076	0,103	0,077	0,188	0,083	0,056	0,152
H7	0,025	0,016	0,037	0,025	0,063	0,015	0,038	0,083	0,056	0,065
H8	0,025	0,016	0,019	0,011	0,044	0,025	0,012	0,028	0,034	0,065
H9	0,379	0,247	0,186	0,381	0,103	0,231	0,113	0,138	0,169	0,196
H10	0,015	0,016	0,012	0,025	0,044	0,011	0,012	0,009	0,019	0,022
Soma	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: O autor

É possível verificar que o critério H1, que tem o valor 1 (um) na matriz normalizada de critérios, para ser normalizado teve ser dividido pela soma de sua coluna (13,19), o que fez com que seu valor mude para 0,076 (1/13,19).

O próximo passo é calcular o vetor de prioridades (w) e, assim, identificar a importância relativa de cada critério. Isto se faz pelo cálculo da média dos valores das linhas da matriz normalizada. A tabela 8 apresenta este cálculo.

Tabela 8: Cálculo do vetor de prioridades – Simulador A

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Vetor (w)
H1	0,076	0,082	0,112	0,076	0,103	0,077	0,113	0,083	0,034	0,109	0,086
H2	0,076	0,082	0,186	0,076	0,063	0,231	0,188	0,138	0,056	0,109	0,120
H3	0,025	0,016	0,037	0,025	0,063	0,025	0,038	0,055	0,034	0,065	0,038
H4	0,076	0,082	0,112	0,076	0,103	0,077	0,113	0,193	0,034	0,065	0,093
H5	0,227	0,412	0,186	0,228	0,313	0,231	0,188	0,193	0,508	0,152	0,264
H6	0,076	0,027	0,112	0,076	0,103	0,077	0,188	0,083	0,056	0,152	0,095
H7	0,025	0,016	0,037	0,025	0,063	0,015	0,038	0,083	0,056	0,065	0,042
H8	0,025	0,016	0,019	0,011	0,044	0,025	0,012	0,028	0,034	0,065	0,028
H9	0,379	0,247	0,186	0,381	0,103	0,231	0,113	0,138	0,169	0,196	0,214
H10	0,015	0,016	0,012	0,025	0,044	0,011	0,012	0,009	0,019	0,022	0,019
SOMA	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: O autor

De acordo com a tabela 8, é possível verificar que o critério H5 é de maior prioridade.

O próximo passo é efetuar a verificação da consistência da operação (DELICE e GÜNGÖR, 2009).

O método AHP permite a ocorrência de inconsistência, uma vez que ao fazer julgamentos, as pessoas são tendenciosas a serem inconsistentes cardinalmente falando. Não é possível estimar com precisão valores de medidas mesmo de uma escala conhecida, o que se torna ainda mais difícil quando se lida com a intangibilidade (SAATY e VARGAS, 2012).

O cálculo da razão de consistência (RC) permite verificar a confiabilidade dos julgamentos efetuados.

Para isto, inicialmente multiplica-se a matriz de comparação quadrada pelo vetor de prioridades (w) conforme pode ser verificado na tabela 9.

Tabela 9: Cálculo da razão de consistência do simulador A – passo 1

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Vetor (w)	Resultado (aw)
H1	1	1	3	1	0,33	1	3	3	0,20	5	0,086	0,943
H2	1	1	5	1	0,20	3	5	5	0,33	5	0,120	1,344
H3	0,33	0,20	1	0,33	0,20	0,33	1	2	0,20	3	0,038	0,402
H4	1	1	3	1	0,33	1	3	7	0,20	3	0,093	1,018
H5	3	5	5	3	1	3	5	7	3	7	0,264	3,060
H6	1	0,33	3	1	0,33	1	5	3	0,33	7	0,095	1,012
H7	0,33	0,20	1	0,33	0,20	0,20	1	3	0,33	3	0,042	0,446
H8	0,33	0,20	0,50	0,14	0,14	0,33	0,33	1	0,20	3	0,028	0,293
H9	5	3	5	5	0,33	3	3	5	1	9	0,214	2,470
H10	0,20	0,20	0,33	0,33	0,14	0,14	0,33	0,33	0,11	1	0,019	0,200

Fonte: O autor

Em seguida, dividem-se os resultados obtidos (aw) pelo vetor de prioridades obtendo-se uma proporção, conforme pode ser verificado na tabela 10.

Tabela 10: Cálculo da razão de consistência do simulador A – passo 2

	Resultado (aw)	Vetor (w)	Proporção
H1	0,943	0,086	10,915
H2	1,344	0,120	11,161
H3	0,402	0,038	10,492
H4	1,018	0,093	10,934
H5	3,060	0,264	11,597
H6	1,012	0,095	10,660
H7	0,446	0,042	10,537
H8	0,293	0,028	10,518
H9	2,470	0,214	11,525
H10	0,200	0,019	10,797
		MÉDIA	10,914

Fonte: O autor

A média das proporções obtida (10,914) representa o valor de λ_{\max} que é usado no cálculo do valor do índice de consistência (IC), conforme a fórmula apresentada na figura 16.

Figura 16: Fórmula de cálculo do índice de consistência.

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Fonte: Adaptado de Saaty, 2008

Nesta fórmula, n representa o número de itens (critérios) da matriz de comparação. A figura 17 apresenta o resultado do cálculo do índice de consistência (IC).

Figura 17: Resultado do cálculo do índice de consistência – simulador A

$$IC = \frac{10,914 - 10}{10 - 1} \rightarrow 0,1015$$

Fonte: O autor

O próximo passo é calcular a razão de consistência (RC). A figura 18 apresenta a fórmula de Saaty para tratamento da inconsistência no AHP.

Figura 18: Cálculo da razão de consistência

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Fonte: Adaptado de Saaty, 2008

Nesta fórmula ($RC = IC/IR$), a inconsistência é definida pela relação entre as entradas e a razão de consistência (RC) é calculada para meio de um índice randômico (IR) para cada par da matriz de comparação, conforme pode ser verificado na tabela 11.

Tabela 11: Índice randômico para matrizes de comparação par a par

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Delice e Güngör, 2009

Se a razão de consistência for menor ou igual a 0,1 ($RC \leq 0,1$), se conclui que a matriz é consistente. Caso contrário, se ela for maior que 0,1 ($RC > 0,1$), então a matriz de comparação precisa ser refeita (DELICE e GÜNGÖR, 2009).

A figura 19 apresenta este cálculo com base nos valores apresentados anteriormente.

Figura 19: Cálculo da razão de consistência – simulador A

$$RC = \frac{0,1015}{1,45} \rightarrow 0,07$$

Fonte: O autor

Foi calculada a razão de consistência (CR) da matriz de comparação e o valor encontrado foi de 0,071 (7,1%). De acordo com o método AHP, uma matriz cujo valor de razão de consistência seja menor que 0.1 é considerada consistente (SAATY, 1990), o que é o caso da matriz desenvolvida.

Ao final da aplicação do método AHP, conforme apresentado anteriormente na matriz normalizada de critérios, os pesos de cada heurística foram calculados. Eles são apresentados em percentuais, conforme pode ser verificado no quadro 17.

Quadro 17: Método AHP aplicado no questionário do professor do simulador A

Heurística	Prioridade	Rank
1- Visibilidade da situação do sistema	8,4%	6
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	11,9%	3
3 - Liberdade e controle do usuário	3,6%	8
4 - Consistência e aderência a padrões	9,0%	4
5 - Prevenção de Erro	27,6%	1
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	9,0%	5
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	4,0%	7
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	2,7%	9
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	22,0%	2
10 - Ajuda e documentação	1,8%	10
TOTAL	100%	

Fonte: O autor

É possível verificar que, de acordo com as preferências do professor, ele considera como mais relevantes, dentre as diversas heurísticas expostas, a H5 (de prevenção de erro), seguida da H9 (reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros) e a H2 (Equivalência da interface do sistema ao mundo real). Por outro lado, em seu entendimento, a heurística menos relevante é a H10 (Ajuda e documentação).

4.2.3 Relativização da pontuação de usabilidade do simulador A

As pontuações de usabilidade obtidas pelas heurísticas foram multiplicadas pelos pesos relativos. Ao aplicar a ponderação de pesos nas pontuações de cada heurística, é possível calcular a pontuação ponderada de usabilidade do simulador (multiplicada por 10), como pode ser verificado no quadro 18.

Quadro 18: Pontuação de usabilidade simulador A conforme relevância das heurísticas

Heurística	Pontuação	Pesos	Pontuação ponderada
			ajustada
H1	8,59	8,4%	7,21
H2	7,96	11,9%	9,48
H3	7,92	3,6%	2,85
H4	7,87	9,0%	7,09
H5	6,90	27,6%	19,03
H6	6,41	9,0%	5,77
H7	6,45	4,0%	2,58
H8	8,01	2,7%	2,16
H9	5,38	22,0%	11,84
H10	6,67	1,8%	1,20
MÉDIAS	7,22	100,0%	6,92

Fonte: O autor

Como apresentado anteriormente, a pontuação geral de usabilidade obtida pelo simulador A foi de 7,22 pontos. Ao aplicar os pesos das importâncias relativas das heurísticas,

obtidas pelo método AHP, constata-se que a soma total da pontuação ponderada de usabilidade foi de 6,92 pontos.

A tabela 12 apresenta uma comparação entre as pontuações gerais e ponderadas das heurísticas.

Tabela 12: Comparação ente pontuação geral e ponderada – Simulador A

Heurística	Pontuação Geral	Pontuação ponderada ajustada	Diferença
H1	8,59	7,21	-1,38
H2	7,96	9,48	1,52
H3	7,92	2,85	-5,07
H4	7,87	7,09	-0,78
H5	6,90	19,03	12,13
H6	6,41	5,77	-0,64
H7	6,45	2,58	-3,87
H8	8,01	2,16	-5,85
H9	5,38	11,84	6,46
H10	6,67	1,20	-5,47
Totais	7,22	6,92	

Fonte: O autor

A seguir serão apresentados os resultados da segunda avaliação de usabilidade.

4.2.4 Resultados da segunda avaliação – Simulador B - Vitória da Conquista

A segunda avaliação coletou dos respondentes e aplicou a metodologia apresentada obtendo os valores calculados e ajustados, conforme o processo aplicado.

As pontuações de cada heurística e a pontuação geral de usabilidade foram calculadas, conforme são apresentadas na tabela 13.

Tabela 13: Dados processados – Simulador B

Heurística	Valores Máximos	Valores Reais	Proporção	Ajuste	Pontuação
H1	152	122	80,3%	0,104	8,33
H2	156	108	69,2%	0,107	7,38
H3	152	120	78,9%	0,104	8,20
H4	156	122	78,2%	0,107	8,33
H5	140	83	59,3%	0,096	5,67
H6	152	111	73,0%	0,104	7,58
H7	144	94	65,3%	0,098	6,42
H8	156	106	67,9%	0,107	7,24
H9	100	38	38,0%	0,068	2,60
H10	156	94	60,3%	0,107	6,42
Totais	1464	998	68,2%	1,0	6,82

Fonte: O autor

A pontuação geral de usabilidade calculada pelo processo para esta avaliação de usabilidade do simulador B é de 6,82 pontos, numa escala de 0 a 10. Verificou-se que a heurística H9 (reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros) e H10 (ajuda e documentação) apresentaram valor relativamente alto de coeficiente de variação, com base na amostra analisada.

A distribuição dos valores escolhidos deve ser analisada por meio de um histograma para se buscar verificar se os respondentes estão indecisos quanto às suas escolhas ou se existe um padrão (exemplo: simétrico) da variação.

4.2.5 Pontuação ponderada do simulador B conforme as relevâncias das heurísticas

Com base no questionário entregue pelo professor responsável pela aplicação do simulador B e no método AHP, foi criada a matriz de comparação quadrada de critérios.

A tabela 14 apresenta o valor calculado das comparações (par a par) efetuadas.

Tabela 14: Matriz de comparação quadrada de critérios – Simulador B

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
H1	1	0,17	1	0,14	0,17	0,14	0,33	0,33	0,17	0,11
H2	6	1	5	1	0,50	1	5	5	1	0,25
H3	1	0,20	1	0,25	0,20	0,25	0,33	0,33	0,17	0,20
H4	7	1	4	1	0,17	1	1	1	0,20	0,33
H5	6	2	5	6	1	2	4	4	1	0,25
H6	7	1	4	1	0,50	1	5	5	0,25	0,25
H7	3	0,20	1	0,25	0,17	0,17	1	1	0,20	0,20
H8	3	0,20	3	1	0,25	0,20	1	1	0,20	0,33
H9	6	1	6	5	1	4	5	5	1	0,33
H10	9	4	5	3	4	4	3	3	3	1
SOMA	49,0	10,77	35,0	18,64	7,95	13,76	34,33	25,67	7,18	3,26

Fonte: O autor

O próximo passo é verificar a prioridade relativa de cada critério. Normalizam-se os valores obtidos na matriz de comparação, a exemplo do que foi feito anteriormente com os valores do simulador A. A tabela 15 apresenta a matriz totalizada de comparação de pesos entre os critérios (A) com os cálculos efetuados e a soma de cada coluna.

Tabela 15: Matriz normalizada de critérios – Simulador B

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
H1	0,020	0,015	0,029	0,008	0,021	0,010	0,010	0,013	0,023	0,034
H2	0,122	0,093	0,143	0,054	0,063	0,073	0,146	0,195	0,139	0,077
H3	0,020	0,019	0,029	0,013	0,025	0,018	0,029	0,013	0,023	0,061
H4	0,143	0,093	0,114	0,054	0,021	0,073	0,117	0,039	0,028	0,102
H5	0,122	0,186	0,143	0,322	0,126	0,145	0,175	0,156	0,139	0,077
H6	0,143	0,093	0,114	0,054	0,063	0,073	0,175	0,195	0,035	0,077
H7	0,061	0,019	0,029	0,013	0,021	0,012	0,029	0,039	0,028	0,061
H8	0,061	0,019	0,086	0,054	0,031	0,015	0,029	0,039	0,028	0,102
H9	0,122	0,093	0,171	0,268	0,126	0,291	0,146	0,195	0,139	0,102
H10	0,184	0,372	0,143	0,161	0,503	0,291	0,146	0,117	0,418	0,307
Soma	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: O autor

É possível verificar que o critério H1, que tem o valor 1 (um) na matriz normalizada de critérios, para ser normalizado teve ser dividido pela soma de sua coluna (49), o que fez com que seu valor mude para 0,020 (1/49).

O próximo passo é calcular o vetor de prioridades (w) e, assim, identificar a importância relativa de cada critério. Isto se faz pelo cálculo da média dos valores das linhas da matriz normalizada. A tabela 16 apresenta este cálculo.

Tabela 16: Cálculo do vetor de prioridades – Simulador B

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Vetor (w)
H1	0,020	0,015	0,029	0,008	0,021	0,010	0,010	0,013	0,023	0,034	0,018
H2	0,122	0,093	0,143	0,054	0,063	0,073	0,146	0,195	0,139	0,077	0,110
H3	0,020	0,019	0,029	0,013	0,025	0,018	0,029	0,013	0,023	0,061	0,025
H4	0,143	0,093	0,114	0,054	0,021	0,073	0,117	0,039	0,028	0,102	0,078
H5	0,122	0,186	0,143	0,322	0,126	0,145	0,175	0,156	0,139	0,077	0,159
H6	0,143	0,093	0,114	0,054	0,063	0,073	0,175	0,195	0,035	0,077	0,102
H7	0,061	0,019	0,029	0,013	0,021	0,012	0,029	0,039	0,028	0,061	0,031
H8	0,061	0,019	0,086	0,054	0,031	0,015	0,029	0,039	0,028	0,102	0,046
H9	0,122	0,093	0,171	0,268	0,126	0,291	0,146	0,195	0,139	0,102	0,165
H10	0,184	0,372	0,143	0,161	0,503	0,291	0,146	0,117	0,418	0,307	0,264
Soma	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: O autor

De acordo com a tabela 16, é possível verificar que o critério H10 é de maior prioridade.

O próximo passo é efetuar a verificação a consistência da operação.

Para isto, inicialmente multiplica-se a matriz de comparação quadrada pelo vetor de prioridades (w) conforme pode ser verificado na tabela 17.

Tabela 17: Cálculo da razão de consistência do simulador B – passo 1

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Vetor (w)	Resultado (aw)
H1	1	0,17	1	0,14	0,17	0,14	0,33	0,33	0,17	0,11	0,018	0,197
H2	6	1	5	1	0,50	1	5	5	1	0,25	0,110	1,225
H3	1	0,20	1	0,25	0,20	0,25	0,33	0,33	0,17	0,20	0,025	0,269
H4	7	1	4	1	0,17	1	1	1	0,20	0,33	0,078	0,838
H5	6	2	5	6	1	2	4	4	1	0,25	0,159	1,893
H6	7	1	4	1	0,50	1	5	5	0,25	0,25	0,102	1,125
H7	3	0,20	1	0,25	0,17	0,17	1	1	0,20	0,20	0,031	0,329
H8	3	0,20	3	1	0,25	0,20	1	1	0,20	0,33	0,046	0,489
H9	6	1	6	5	1	4	5	5	1	0,33	0,165	1,971
H10	9	4	5	3	4	4	3	3	3	1	0,264	3,066

Fonte: O autor

Em seguida, dividem-se os resultados obtidos (aw) pelo vetor de prioridades obtendo-se uma proporção, conforme pode ser verificado na tabela 18.

Tabela 18: Cálculo da razão de consistência do simulador B – passo 2

	Resultado (aw)	Vetor (w)	Proporção
H1	0,197	0,018	10,730
H2	1,225	0,110	11,097
H3	0,269	0,025	10,736
H4	0,838	0,078	10,707
H5	1,893	0,159	11,902
H6	1,125	0,102	11,029
H7	0,329	0,031	10,531
H8	0,489	0,046	10,564
H9	1,971	0,165	11,919
H10	3,066	0,264	11,616
		MÉDIA	11,083

Fonte: O autor

A média das proporções obtida (11,083) representa o valor de λ_{\max} que é usado no cálculo do valor do índice de consistência (IC). A figura 20 apresenta o resultado do cálculo do índice de consistência (IC).

Figura 20: Resultado do cálculo do índice de consistência – simulador B

$$IC = \frac{11,083-10}{10-1} \rightarrow 0,1203$$

Fonte: O autor

O próximo passo é calcular a razão de consistência (RC) por meio da fórmula de Saaty para tratamento da inconsistência no AHP ($RC = IC/IR$).

A figura 21 apresenta este cálculo com base nos valores apresentados anteriormente.

Figura 21: Cálculo da razão de consistência – simulador B

$$RC = \frac{0,1203}{1,45} \rightarrow 0,08$$

Fonte: O autor

Foi calculada a razão de consistência (CR) da matriz de comparação e o valor encontrado foi de 0,082 (8,2%).

De acordo com o método AHP, uma matriz cujo valor de razão de consistência seja menor que 0.1 é considerada consistente (SAATY, 1990), o que é o caso da matriz desenvolvida.

Ao final da aplicação do método AHP, os pesos de cada heurística foram calculados e são apresentados em percentuais, conforme pode ser verificado no quadro 19.

Quadro 19: Método AHP aplicado no questionário do professor do simulador B

Heurística	Prioridade	Rank
1- Visibilidade da situação do sistema	1,8%	10
2 - Equivalência da interface do sistema ao mundo real	11,0%	4
3 - Liberdade e controle do usuário	2,5%	9
4 - Consistência e aderência a padrões	7,8%	6
5 - Prevenção de Erro	15,9%	3
6 - Reconhecimento ao invés de lembrança	10,2%	5
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	3,1%	8
8 - Estética e <i>design</i> minimalista	4,6%	7
9 – Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	16,5%	2
10 - Ajuda e documentação	26,4%	1
TOTAL	100%	

Fonte: O autor

Foi calculada a razão de consistência (CR) da matriz de comparação e o valor encontrado foi de 0,08 (8,0%). De acordo com o método AHP, uma matriz cujo valor de razão de consistência seja menor que 0.1 é considerada consistente (SAATY, 1990), o que é o caso da matriz desenvolvida.

De acordo com as preferências do professor, as heurísticas mais relevantes são a H10 (ajuda e documentação), seguida da H9 (reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros), da H5 (prevenção de erro) e da H2 (equivalência da interface do sistema ao mundo real). As heurísticas que ele entendeu serem menos relevante são as H1 (visibilidade da situação do sistema), seguida da H3 (liberdade e controle do usuário) e H7 (flexibilidade e eficiência de uso).

4.2.6 Relativização da pontuação de usabilidade do simulador B

O mesmo procedimento foi aplicado nos dados das pontuações das heurísticas do simulador B avaliado, conforme pode ser verificado no quadro 20.

Quadro 20: Pontuação de usabilidade simulador B conforme relevância das heurísticas

Heurística	Pontuação	Pesos	Pontuação ponderada ajustada
H1	8,33	1,8%	1,50
H2	7,38	11,0%	8,11
H3	8,20	2,5%	2,05
H4	8,33	7,8%	6,50
H5	5,67	15,9%	9,01
H6	7,58	10,2%	7,73
H7	6,42	3,1%	1,99
H8	7,24	4,6%	3,33
H9	2,60	16,5%	4,28
H10	6,42	26,4%	16,95
MÉDIAS	6,82	100,0%	6,15

Fonte: O autor

Como já informado, a pontuação geral de usabilidade obtida pelo simulador B foi de 6,82 pontos. Ao aplicar os pesos das importâncias relativas das heurísticas, constata-se que a pontuação ponderada de usabilidade foi de 6,15 pontos. A tabela 19 apresenta uma comparação entre as pontuações (geral e ponderada).

Tabela 19: Comparação ente pontuação geral e ponderada – Simulador B

Heurística	Pontuação Geral	Pontuação ponderada ajustada	Diferença
H1	8,33	1,50	-6,83
H2	7,38	8,11	0,73
H3	8,20	2,05	-6,15
H4	8,33	6,50	-1,83
H5	5,67	9,01	3,34
H6	7,58	7,73	0,15
H7	6,42	1,99	-4,43
H8	7,24	3,33	-3,91
H9	2,60	4,28	1,68
H10	6,42	16,95	10,53
Totais	6,82	6,15	

Fonte: O autor

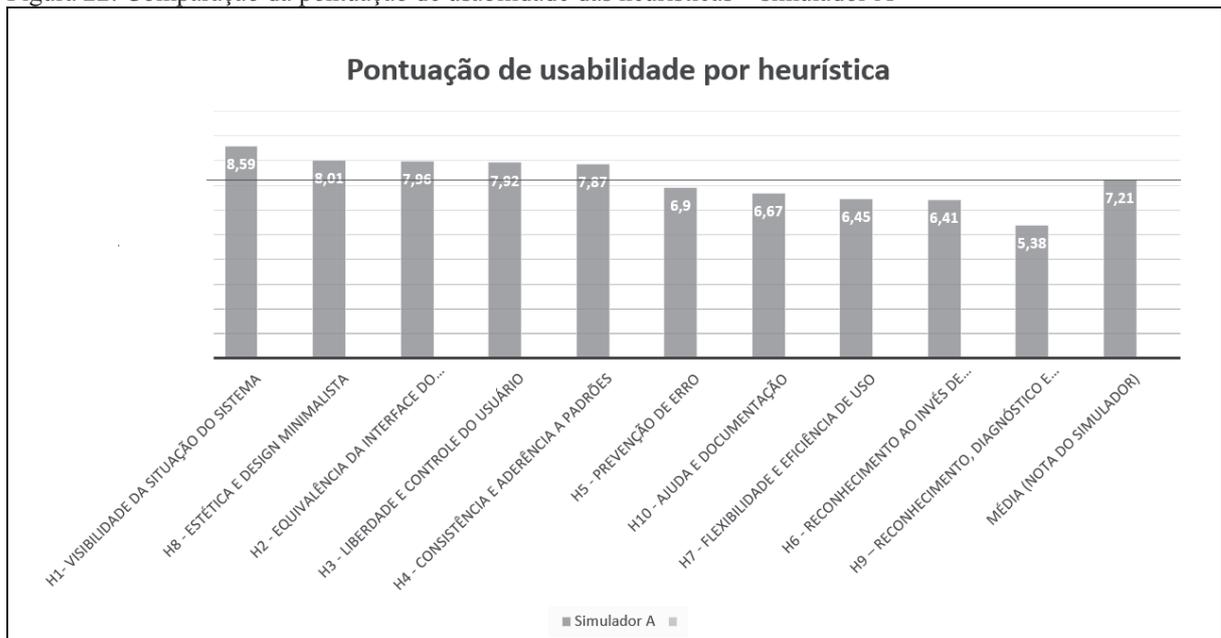
4.3 Discussões

A seguir serão discutidos os resultados que foram apresentados.

4.3.1 Análise da pontuação das heurísticas do simulador A

A figura 22 apresenta as pontuações das heurísticas avaliadas do simulador A, por ordem decrescente de valor.

Figura 22: Comparação da pontuação de usabilidade das heurísticas – simulador A



Fonte: O autor

É possível constatar que as heurísticas melhor avaliadas pelos respondentes do simulador A foram a H1- visibilidade da situação do sistema (8,59), a H8 - estética e *design* minimalista (8,01), H2 - equivalência da interface do sistema ao mundo real (7,96), H3 - liberdade e controle do usuário (7,92) e a H4 - consistência e aderência a padrões (7,22).

Por outro lado, as que ficaram abaixo da média de pontuação de usabilidade (7,21) foram a H5 - prevenção de erro (6,90), H10 - ajuda e documentação (6,67), H7 - flexibilidade e

eficiência de uso (6,45), H6 - reconhecimento ao invés de lembrança (6,41) e H9 - reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros (5,38).

A pontuação obtida pela heurística 9 aponta indícios de existência de problemas. Ao avaliar uma heurística com uma pontuação bem abaixo da nota de pontuação média de usabilidade obtida pelo simulador, é possível constatar que algo não ocorreu bem.

Neste caso é aconselhável que se busque identificar a maneira pela qual o simulador trata a questão do reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros.

Isto mostra que este processo tem a vantagem de apontar problemas em heurísticas específicas, porém, para se ter a certeza dos motivos pelos quais isto ocorreu, é necessário efetuar uma pesquisa mais detalhada junto aos usuários.

Os resultados das avaliações de usabilidade foram apresentados ao professor, que comentou que o processo foi importante, pois lhe permitiu ter um entendimento melhor de certos aspectos de funcionamento do simulador que fugiam ao seu conhecimento, especialmente os relacionados à qualidade percebida do uso do simulador pelos alunos de sua turma. Em seu entendimento, o processo aplicado permitiu efetuar uma avaliação relevante que pode ser usada para melhor entendimento dos pontos fracos do simulador, e, assim, contatar o fornecedor para verificar possibilidade de melhorias, bem como orientar seus alunos quanto a situações indesejadas que podem ocorrer.

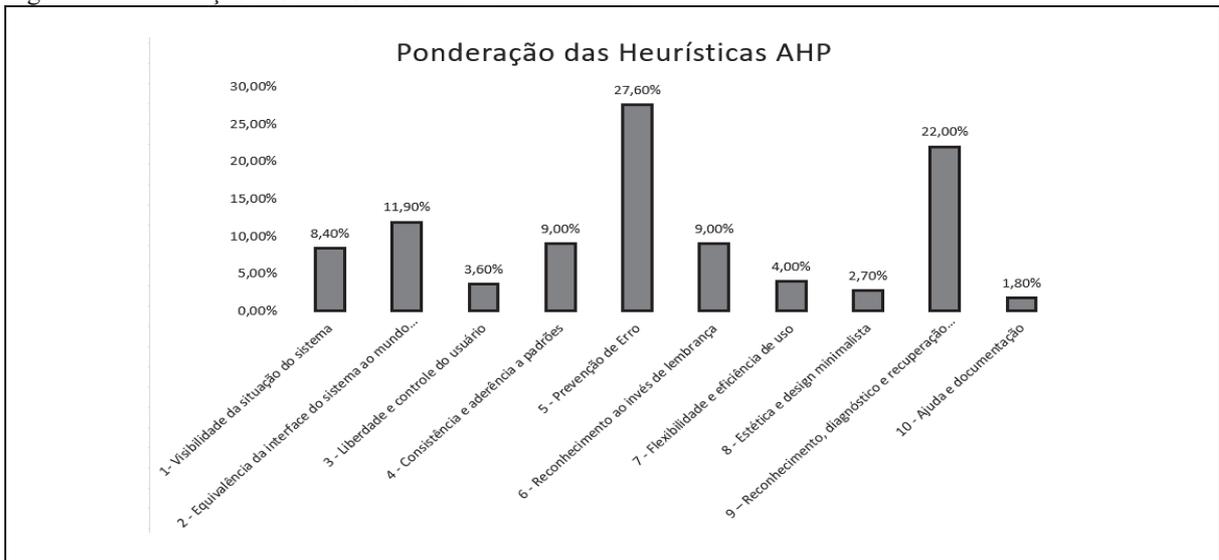
O professor sugeriu a inserção no questionário de avaliação de usabilidade, de algumas questões abertas que poderiam coletar dados mais detalhados, especialmente nas avaliações de heurísticas que geraram baixos valores.

4.3.2 Análise da pontuação ponderada de usabilidade – simulador A

Foram aplicados os pesos obtidos pelo método AHP na pesquisa do professor para relativização nas pontuações das heurísticas do simulador, como já apresentado.

Verificou-se que o professor aplicou maior relevância às heurísticas relacionadas a erros, dentro de seu contexto de trabalho, conforme pode ser verificado na figura 23.

Figura 23: Ponderação das heurísticas AHP – simulador A



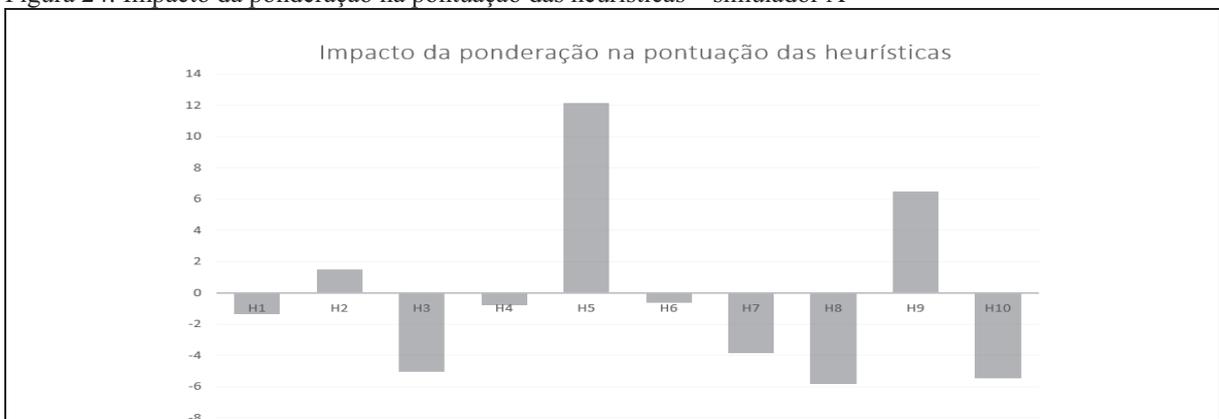
Fonte: O autor

Com a aplicação da ponderação por meio do método AHP, a pontuação geral de usabilidade calculada pelo processo para a avaliação de usabilidade do simulador A de 7,22 pontos foi diminuída para 6,92, o que mostra uma diferença de 0,30 pontos, que representa uma diminuição na pontuação na ordem de 4,16%.

Esta redução na pontuação geral de usabilidade por meio da ponderação mostra que a aplicação do método pode gerar mudanças relevantes nas pontuações finais (ponderadas).

A figura 24 apresenta as heurísticas com suas respectivas alterações de pontuação, após aplicados os pesos para ponderação.

Figura 24: Impacto da ponderação na pontuação das heurísticas – simulador A



Fonte: O autor

É possível verificar que as heurísticas H5 (prevenção de erro), H9 (reconhecimento, diagnóstico e resolução de erros) e H2 (equivalência ao mundo real) aumentaram suas pontuações, e as demais tiveram uma redução de sua pontuação.

Verifica-se que a pontuação das heurísticas obtidas pelas escolhas dos respondentes em conjunto com o processo aplicado gerou uma redução de pontuação na ordem de 4,16%, quando se compara a pontuação geral de usabilidade com a pontuação ponderada de usabilidade.

Cabe salientar que a simples ponderação não afeta unicamente o resultado, uma vez que existe uma dependência dos valores que os respondentes avaliaram para as heurísticas. Um exemplo desta limitação pode ser verificado quando uma ponderação aplicada na pontuação de uma heurística, aumenta sua pontuação para o dobro de sua pontuação original, porém, caso os respondentes tenham avaliado a mesma com valores baixos, o impacto torna-se baixo na pontuação ponderada.

Apesar desta possibilidade, a situação verificada nesta análise permite constatar que a aplicação de pesos pode aumentar ou diminuir a pontuação de usabilidade de um simulador analisado, conforme a visão que o professor tem da importância das heurísticas de usabilidade apresentadas.

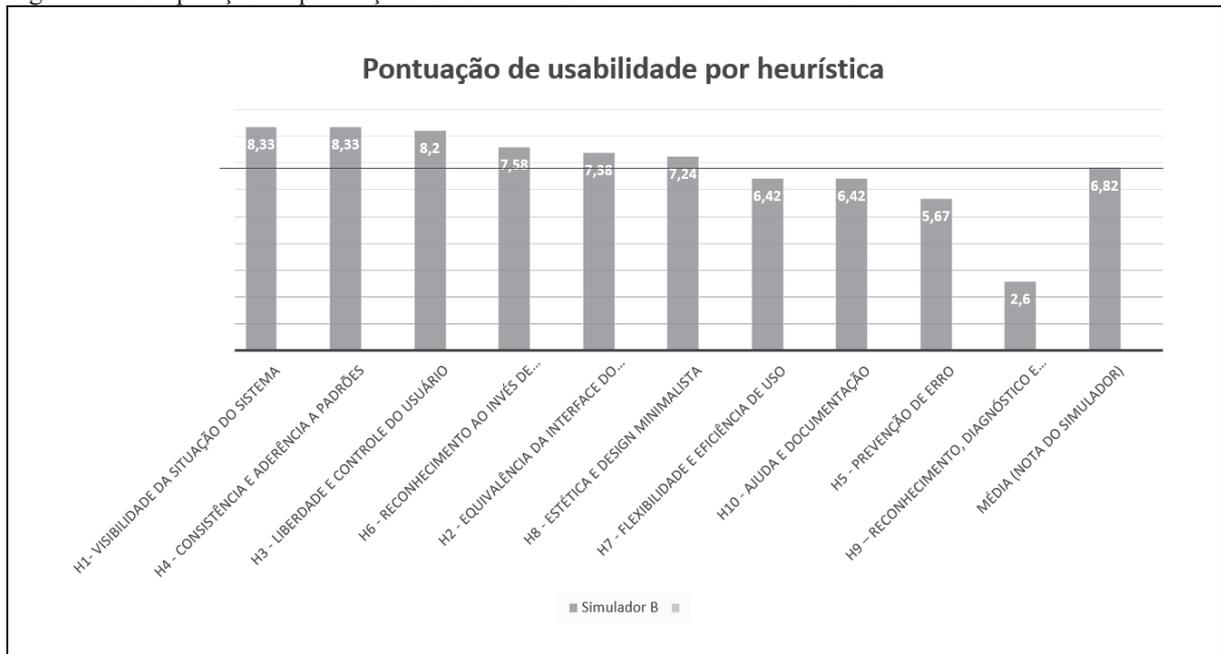
Os resultados foram apresentados ao professor responsável pela turma.

Com relação à aplicação da ponderação, o professor informou que embora a diferença tenha sido pequena, ela é relevante, pois alterou a pontuação geral de usabilidade. Tal alteração pode ser fator determinante em casos específicos de uso (exemplo: aula presencial ou EAD), em que simuladores estejam sendo avaliados para uso e aquisição.

4.3.3 Análise da pontuação das heurísticas do simulador B

A figura 25 apresenta as pontuações das heurísticas avaliadas do simulador B, por ordem decrescente de valor.

Figura 25: Comparação da pontuação de usabilidade das heurísticas – simulador B



Fonte: O autor

É possível constatar que as heurísticas melhor avaliadas pelos respondentes do simulador B foram a H1 - visibilidade da situação do sistema (8,33), H4 - consistência e aderência a padrões (8,33), H3 - liberdade e controle do usuário (8,2), H6 - reconhecimento ao invés de lembrança (7,58), H2 - equivalência da interface do sistema ao mundo real (7,38) e a H8 - estética e *design* minimalista (7,24).

Por outro lado, as que ficaram abaixo da média de pontuação de usabilidade (6,82) foram a H7 - flexibilidade e eficiência de uso (6,42), H10 - ajuda e documentação (6,42), H5 - prevenção de erro (5,67) e a H9 - reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros (2,6).

A pontuação obtida pela heurística 2 (2,6) aponta claramente a existência de problemas. Neste caso é importante que se busque identificar o que ocorreu quanto à maneira pela qual o simulador tratou da questão de reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros.

Os resultados das avaliações de usabilidade foram apresentados ao professor, que comentou que os resultados apresentados foram interessantes e representaram o seu entendimento, no que diz respeito ao funcionamento do simulador em sua turma.

Com relação aos problemas apresentados em particular da heurística 9, o professor preferiu não comentar alegando eventuais limites relacionados a questões envolvendo a ética e o sigilo de certas informações.

Ainda que a instituição educacional tenha autorizado que ele aplicasse o questionário junto à sua turma, ele entende que existem questões subjetivas não muito claras, quanto aquilo que ele pode ou não comentar. Apesar disto, ele informou que o processo foi de fato interessante, pois trouxe elementos que pode auxiliá-lo a contatar sua coordenação e buscar maneiras de identificar detalhes dos problemas ocorridos e maneiras para evitá-los futuramente.

O autor deste trabalho, especialista em usabilidade de sistemas e conhecedor deste simulador em particular, acredita que alguns dos motivos pelos quais o simulador possa ter gerado baixa avaliação na questão do tratamento de erros ocorre em função da maneira pela qual ele apresenta algumas situações de erros, o que dificulta, em alguns casos, entender corretamente o erro.

Outro problema está relacionado à maneira pela qual ele auxilia o usuário na resolução do erro ocorrido.

Existem certas situações que ele aponta um erro e não traz detalhes suficiente para o bom entendimento dos motivos pelos quais o erro aconteceu, dificultando seu diagnóstico. Existe forte indício de que alguns respondentes passaram por alguma situação relacionada a erro, no uso do simulador, e não conseguiram se recuperar do mesmo.

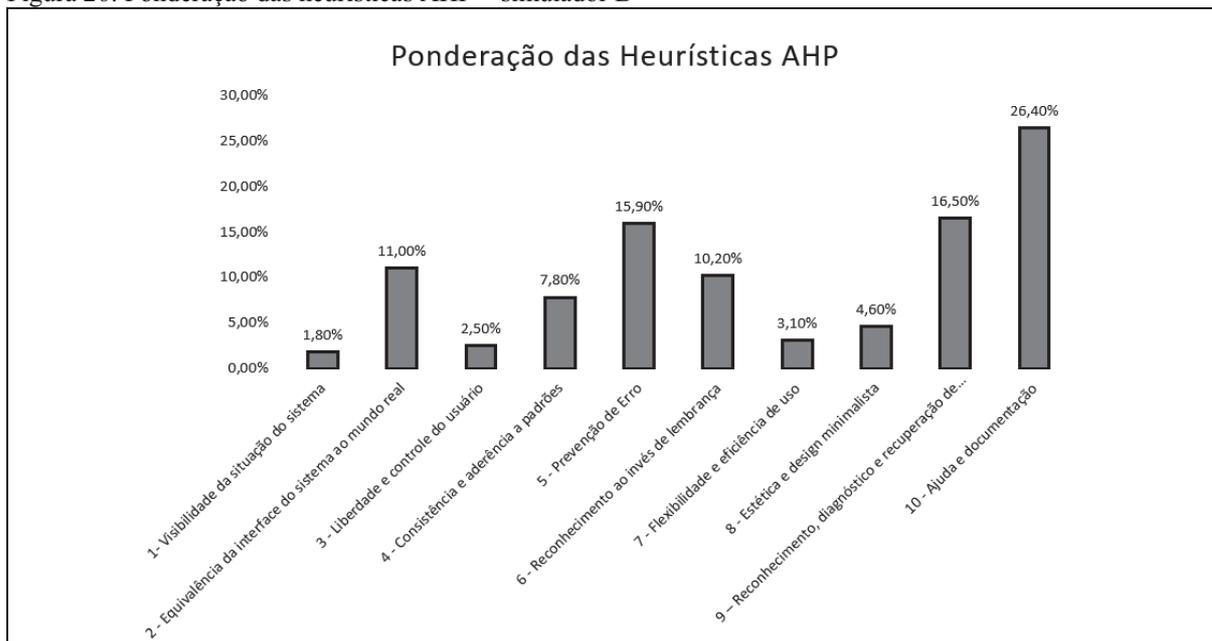
Verificou-se que o processo de avaliação do simulador B foi efetivo em apontar a existência de problemas na heurística 9 (reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros), por meio da baixa nota obtida na avaliação ocorrida.

4.3.4 Análise da pontuação ponderada de usabilidade – simulador B

Foram aplicados os pesos obtidos pelo método AHP na pesquisa do professor para relativização nas pontuações das heurísticas do simulador, como já apresentado.

Verificou-se que o professor aplicou maior relevância às heurísticas relacionadas a erros, dentro de seu contexto de trabalho, conforme pode ser verificado na figura 26.

Figura 26: Ponderação das heurísticas AHP – simulador B

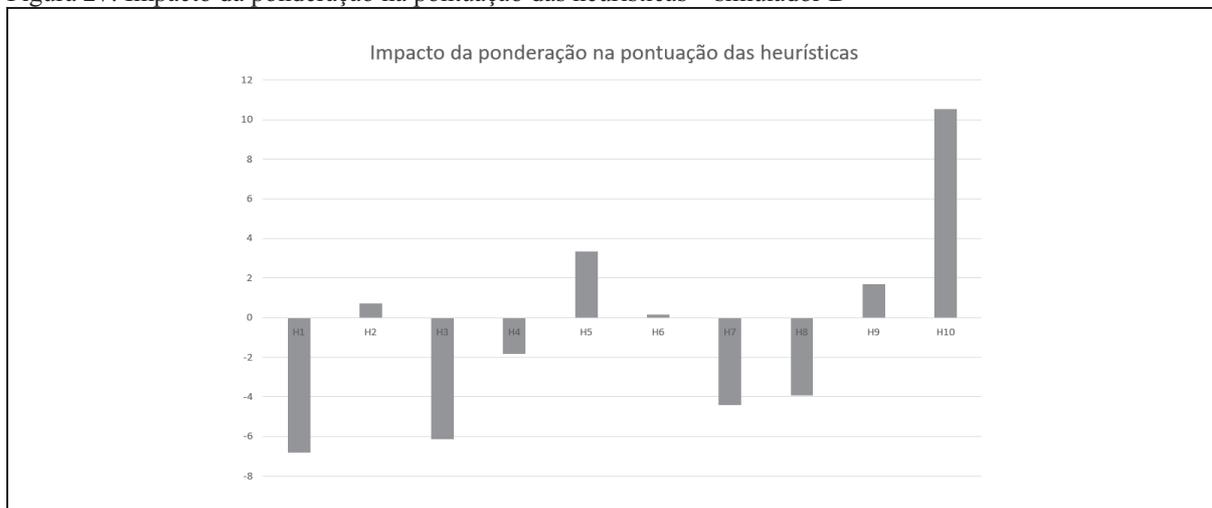


Fonte: O autor

Com a aplicação da ponderação por meio do método AHP, a pontuação geral de usabilidade calculada pelo processo para a avaliação de usabilidade do simulador B de 6,82 pontos foi diminuída para 6,15, o que mostra uma diferença de 0,30 pontos, que representa uma diminuição na pontuação na ordem de 9,82%.

A figura 27 apresenta as heurísticas com suas respectivas alterações de pontuação, após aplicados os pesos para ponderação.

Figura 27: Impacto da ponderação na pontuação das heurísticas – simulador B



Fonte: O autor

É possível verificar que a heurística H10 (ajuda e documentação) aumentou consideravelmente sua pontuação, como também a heurística H5 (prevenção de erro), porém, de forma mais discreta. As heurísticas H1 (visibilidade da situação do sistema), H3 (liberdade e controle do usuário), H7 (flexibilidade e eficiência de uso) e H8 (estética e design minimalista) tiveram redução acentuada de sua pontuação. Isto culminou com uma pontuação ponderada de usabilidade menor que a pontuação geral de usabilidade do simulador analisado.

Esta redução na pontuação geral de usabilidade por meio da ponderação mostra que a aplicação do método pode gerar mudanças relevantes nas pontuações finais (ponderadas).

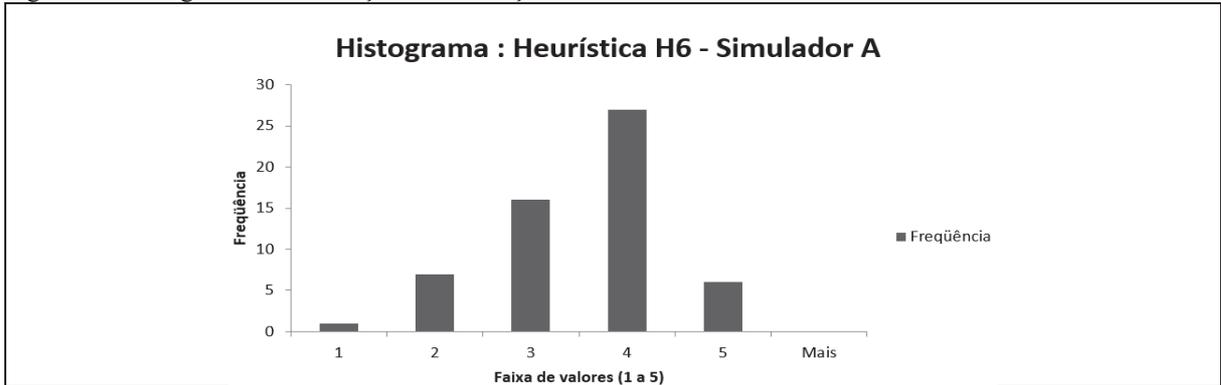
Os resultados foram apresentados ao professor responsável pela turma. Com relação ao questionário, ele entende que os conceitos comparados são de difícil entendimento caso uma pessoa (especialista em usabilidade) não se disponibilize a explicá-los. Ele sugeriu a criação de um mini tutorial, feito por um especialista, explicando e exemplificando as heurísticas, que poderia ser agregado ao processo e que poderia ser consultado sempre que houvesse dúvidas, afinal, a orientação (feita pelo especialista) ocorreu num momento e o preenchimento do questionário ocorreu em outro.

Com relação à aplicação da ponderação, o professor informou que a alteração da pontuação de usabilidade (geral para ponderada) foi relativamente alta e pode impactar em decisões tomadas, desde que seja possível aplicar o processo na instituição. Ele esclareceu que muitas vezes a troca de sistemas não é algo complexo, afinal, a decisão em trocar um sistema por outro implica que um sistema em uso não está atendendo os objetivos da instituição. Além disso, o processo de implantação de um novo sistema (simulador) envolve diversas etapas e esforços (treinamento do professor, instalação do sistema nos computadores da instituição, etc.). Ele entende que pode existir condições mais propícias em que este processo seja aplicado, como por exemplo, quando a avaliação é aplicada em simulador executado em ambiente web.

4.3.5 Análise de escolha dos valores das afirmações da avaliação do simulador A

A heurística H6 (reconhecimento ao invés de lembrança) avaliada no simulador A teve 25,8% de coeficiente de variação. A variação dos valores está relacionada às afirmações desta heurística (A6, A16 e A26) e é apresentada na figura 28, a seguir.

Figura 28: Histograma – distribuição das avaliações da heurística H6 do simulador A



Fonte: O autor

É possível verificar que o histograma é simétrico, isto é, a maioria das escolhas de pontuações para esta heurística encontra-se entre a faixa central de valores (de 3 a 4 pontos), enquanto que os demais valores se encontram do lado esquerdo e direito do centro. A tabela 20 apresenta a faixa de frequência de escolha dos respondentes por valor.

Tabela 20: Histograma – distribuição das avaliações da heurística H6 do simulador A

Faixa de valor da afirmação (1 a 5)	Frequência de repetição	%
1	1	1,8%
2	7	12,3%
3	16	28,1%
4	27	47,4%
5	6	10,5%
	57	100%

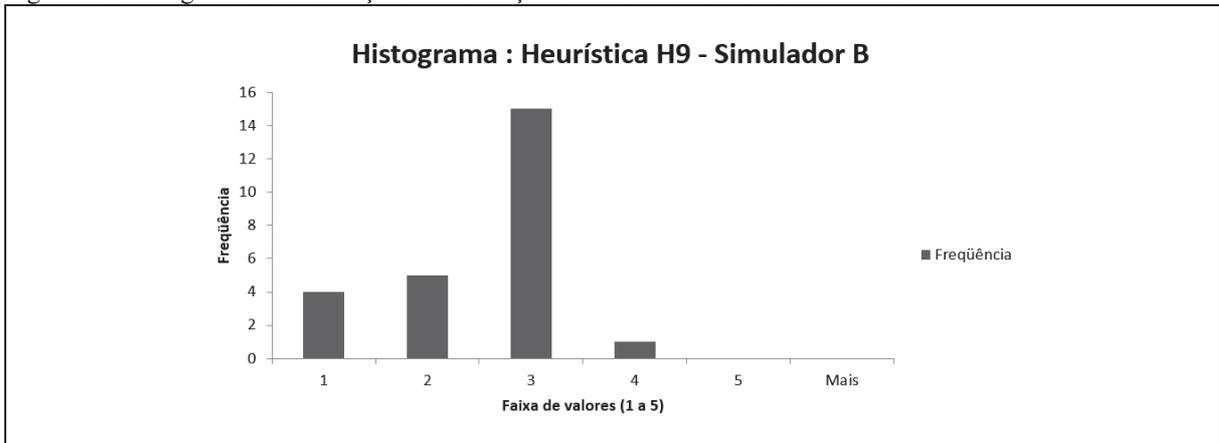
Fonte: O autor

Ainda que alguns respondentes tenham escolhido valores fora da faixa central para análise desta heurística, a maioria optou pelos valores encontrados na faixa de valores de 3 a 4 que corresponde 75,44% do total, o que significa que a maioria dos respondentes teve comportamento similar quanto aos valores escolhidos para avaliação desta heurística.

4.3.6 Distribuição de escolha dos valores das afirmações da avaliação do simulador B

A heurística H9 (Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros) avaliada no simulador B teve 32,6% de coeficiente de variação. A variação dos valores relacionada às afirmações desta heurística (A9, A19 e A29) é apresentada na figura 29, a seguir.

Figura 29: Histograma – distribuição das avaliações da heurística H9 do simulador B



Fonte: O autor

É possível verificar que neste histograma a maioria das escolhas de pontuações para esta heurística encontra-se na faixa central de valores (valor 3). A tabela 21 apresenta a faixa de frequência de escolha dos respondentes por valor.

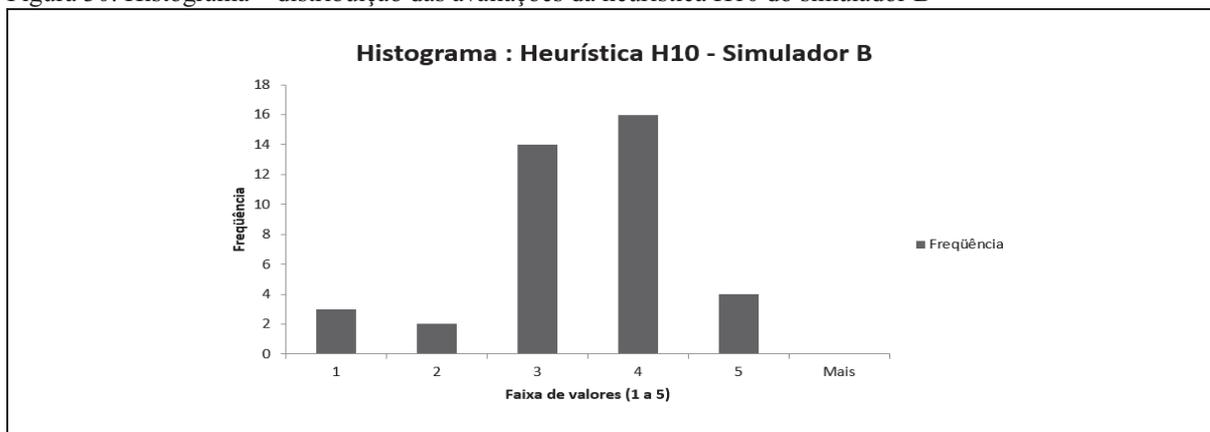
Tabela 21: Histograma – distribuição das avaliações da heurística H9 do simulador B

Faixa de valor da afirmação (1 a 5)	Frequência de repetição	%
1	4	16,0%
2	5	20,0%
3	15	60,0%
4	1	4,0%
5	0	0%
	25	100%

Fonte: O autor

A maioria dos valores se encontra no centro (60%) e uma grande parte (36%) encontra-se do lado esquerdo do histograma, o que mostra que houve uma tendência dos respondentes de avaliar esta heurística com valores médios e baixos, denotando um comportamento comum da maioria dos respondentes na avaliação desta heurística. A heurística H10 (Ajuda e documentação) avaliada no simulador B teve 29,9 % de coeficiente de variação. A variação dos valores das afirmações desta heurística (A10, A20 e A30) é apresentada na figura 30, a seguir.

Figura 30: Histograma – distribuição das avaliações da heurística H10 do simulador B



Fonte: O autor

É possível verificar que o histograma é simétrico, isto é, a maioria das escolhas de pontuações para esta heurística encontra-se entre a faixa central de valores (de 3 a 4 pontos), enquanto que os demais valores se encontram parcialmente do lado esquerdo (12,8%) e direito (10,3%). A tabela 22 apresenta a faixa de frequência de escolha dos respondentes por valor.

Tabela 22: Histograma – distribuição das avaliações da heurística H10 do simulador B

Faixa de valor da afirmação (1 a 5)	Frequência de repetição	%
1	3	7,7%
2	2	5,1%
3	14	35,9%
4	16	41,0%
5	4	10,3%
	39	100%

Fonte: O autor

Ainda que alguns respondentes tenham escolhido valores fora da faixa central para análise desta heurística, a maioria teve comportamento comum, optando pelos valores encontrados na faixa de valores de 3 a 4 que corresponde 76,9% do total.

Com base nas análises é possível verificar que a maioria dos respondentes seguiu um padrão de avaliação, o que permite concluir que as afirmações do questionário de avaliação de usabilidade estão sendo compreendidas, ao menos, pela maior parte dos respondentes.

Ainda que algumas heurísticas tenham apresentado um nível um pouco alto de coeficiente de variação, o que mostra a existência de certa discordância quanto aos valores analisados por alguns respondentes, esta discordância é relativamente pequena quando se avaliam os histogramas apresentados, o que mostra que a maioria seguiu um comportamento de escolha similar.

CONCLUSÃO

Como apresentado nos capítulos de metodologia e de resultados, o processo foi aplicado com dois simuladores distintos, em duas situações diferentes de uso, que culminou na identificação de problemas de usabilidade em heurísticas diferentes. Não foi possível encontrar indícios que poderiam dar suporte a uma comparação de uma avaliação feita em simuladores em uso por públicos diferentes, como foi neste caso. As avaliações aplicadas se deram em realidades que podem ser consideradas diferentes, uma vez que tanto os resultados quanto os problemas encontrados nas análises efetuadas são diferentes.

Por este motivo, apesar de não ter sido possível comparar os resultados de uma avaliação com outra, foi constatado que o processo aplicado funcionou em realidades diferentes e trouxe benefícios, pois permitiu encontrar problemas em heurísticas de simuladores de jogos de empresas e mostrou que é possível identificar quais heurísticas são afetadas.

Verificou-se que é possível de se obter uma pontuação de usabilidade para avaliação de simuladores de jogos de empresas, que pode ser usada para avaliar a qualidade do software, e, assim, auxiliar o responsável pela decisão de uso de um simulador em algumas decisões, tais como no teste da qualidade de um simulador em uso, na obtenção de certo nível de embasamento técnico para negociar melhorias de um simulador em uso (com seu fornecedor) ou em avaliar um novo simulador para considerações de futura aquisição.

Especificamente durante a segunda análise, efetuada no simulador B, verificou-se que a heurística H9 - reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros, apresentou valor muito baixo em sua avaliação (2,6). O professor responsável pela turma onde este simulador foi avaliado confirmou a existência de problemas, o que demonstra que o processo foi eficaz em identificar problemas de usabilidade e relacioná-los com a percepção da qualidade do simulador, conforme as heurísticas avaliadas pelos alunos respondentes. Uma baixa pontuação obtida neste processo por uma heurística de usabilidade indica existência de problemas de usabilidade em potencial e que podem levar ao desastre do produto. Neste caso, é adequado que se busque investigar de forma detalhada o motivo pelo qual tal heurística de usabilidade foi mal avaliada pelos alunos. Uma vez identificados os problemas de usabilidade, é aconselhável que o responsável busque contato com o fornecedor do sistema e informe-o sobre os problemas detectados nas avaliações. O fornecedor como uma das partes interessadas em melhorar a

qualidade de seu sistema poderá, com base nos dados apresentados, estudar os aspectos de usabilidade que apresentaram problemas em seu simulador e, assim, desenvolver uma nova versão com melhor nível de qualidade, o que será benéfico para todos os envolvidos no uso do simulador.

Desta forma, conclui-se que em contextos específicos de uso, o processo de avaliação de usabilidade pode ser usado para pontuar simuladores diferentes e, assim, verificar quais atendem melhor certas heurísticas de usabilidade, o que é importante para auxiliar numa eventual tomada de decisão relacionada à comparação de diferentes simuladores.

O processo permitiu a obtenção de pontuações diferenciadas de avaliação de usabilidade, ponderada conforme a distribuição de pesos do questionário enviado aos professores, que foram observadas e comentadas por eles. As pontuações ponderadas podem influenciar a tomada da decisão do professor responsável pela aplicação do simulador em sala de aula a rever o funcionamento de certas partes de uso do simulador em sala de aula.

As heurísticas que apresentaram coeficiente de variação acima da média foram analisadas quanto ao nível de distribuição da amostra e os histogramas apresentados apontaram uma distribuição uniforme da frequência dos valores. Isto mostrou que a maioria dos respondentes escolheu valores próximos ou iguais, o que é um forte indício de que o questionário proposto no processo atendeu seu objetivo.

Considerando que a base para desenvolvimento deste processo foram as heurísticas de usabilidade de Nielsen, o autor sugere como trabalhos futuros a possibilidade de se efetuar uma avaliação heurística convencional num simulador, bem como aplicar este processo de avaliação de usabilidade, e comparar os resultados obtidos para analisar diferenças e possibilidades de melhorias. A sugestão de um dos professores consultados, de inserção de questões abertas, no questionário de usabilidade, para detalhamento do motivo pelo qual uma heurística tenha recebido um baixo valor é algo interessante, pois permite ter um melhor entendimento do motivo pelo qual a heurística teve uma pontuação baixa, e, assim, a pessoa responsável pode fazer uma análise mais aprofundada da avaliação aplicada.

Outra sugestão é de buscar generalizar as afirmações do questionário de avaliação do aluno, uma vez que elas foram concebidas para serem usadas em domínio específico de aplicação. Neste sentido, cabe aprofundar os estudos para verificar se existem outros elementos que precisam ser considerados, dado a abrangência do número de simuladores ou outros softwares, que poderiam ser avaliados.

REFERÊNCIAS

ANDROS TREINAMENTOS E SIMULAÇÕES LTDA-ME. Página de simuladores. Disponível em: <<http://simuladorcoliseum.com.br/produtos/>> Acesso em: 25 fevereiro 2017.

ARDITO, C. et al. **Investigating and promoting UX practice in industry: An experimental study**. International Journal of Human-Computer Studies, v. 72, n. 6, p. 542-551, 2014.

BENYON, D. **Interação humano-computador**. Pearson Prentice Hall, 2011. 2a. ed.

BLAŽIČ, A. J.; BLAŽIČ, B. D. J. **Exploring and upgrading the educational business-game taxonomy**. Journal of educational computing research, v. 52, n. 3, p. 303-340, 2015.

BOUCINHA, R. M.; TAROUÇO, L. M. R. **Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS-System Usability Scale**. RENOTE, v. 11, n. 3, 2013.

BOSE, R. **Virtual labs project: A paradigm shift in Internet-based remote experimentation**. IEEE access, v. 1, p. 718-725, 2013.

BRAUNER, P.; ZIEFLE, M. **Human factors in production systems**. In: Advances in production technology. Springer International Publishing, 2015. p. 187-199.

BRUUN, A.; STAGE, J. **Barefoot usability evaluations**. Behaviour & Information Technology, v. 33, n. 11, p. 1148-1167, 2014.

CAPES. **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>> Acesso em: 05 fevereiro 2017.

CARROLL, J. M. (Ed.). **HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science**. Morgan Kaufmann, 2003.

CARROLL, J. M.; SOEGAARD, M.; FRIIS, R. D. **The Encyclopedia of Human-Computer Interaction**. Interaction Design Foundation, 2nd ed, 2014.

CUPERSCHMID, A.R.M. HILDEBRAND, H.R. **Heurísticas de Jogabilidade: usabilidade e entretenimento em jogos digitais**. Campinas, SP: Marketing Aumentado, 2013.

CYBIS, W. A. et al. **Uma abordagem ergonômica para o desenvolvimento de sistemas interativos**. In: Anais do I Workshop sobre Fatores Humanos em sistemas computacionais: compreendendo usuários, construindo interfaces. Maringá-PR. 1998. p. 102-111.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. 3a ed. São Paulo: Novatec, 2015.

DELICE, E. K.; GÜNGÖR, Z. **The usability analysis with heuristic evaluation and analytic hierarchy process**. International Journal of Industrial Ergonomics, v. 39, n. 6, p. 934-939, 2009.

DIAS, G. P. P.; SAUAIA, A. C. A.; YOSHIZAKI, H. T. Y. **Estilos de Aprendizagem FELDER-SILVERMAN e o aprendizado com jogos de empresa**. RAE, v. 53, n. 5, p. 469-484, 2013.

FILGUEIRAS, L. V. L.; BEGOSSO, L. C. **Simulation of Performance in Error**. In: 2005 International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation (CIMCA 2005), 2005, Las Vegas. Proceedings of the 2005 International Conference on Computational Intelligence for Modelling Control and Automation (CIMCA 2005), 2005. v. 1. p. 917-923.

FINSTAD, K. **The usability metric for user experience**. Interacting with Computers, v. 22, n. 5, p. 323-327, 2010.

FITÓ-BERTRAN, À.; HERNÁNDEZ-LARA, A. B.; LÓPEZ, E. S. **The effect of competences on learning results an educational experience with a business simulator**. Computers in Human Behavior, v. 51, p. 910-914, 2015.

FREITAS, H. [et al.]. **O método de pesquisa survey**. Revista de administração, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.

GASPARINI, I.; KIMURA, M. H.; PIMENTA, M. S. **Visualizando 15 anos de IHC**. In: Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Brazilian Computer Society, 2013. p. 238-247.

GRECO, M.; BALDISSIN, N.; NONINO, F. **An exploratory taxonomy of business games**. Simulation & Gaming, v. 44, n. 5, p. 645-682, 2013.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. **Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research.** *Advances in psychology*, v. 52, p. 139-183, 1988.

HART, S. G. **NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later.** In: *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications, 2006. p. 904-908.

HASAN, L. **The usefulness of user testing methods in identifying problems on university websites.** *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, v. 11, n. 2, p. 229-256, 2014.

HOLZINGER, A. **Usability engineering methods for software developers.** *Communications of the ACM*, v. 48, n. 1, p. 71-74, 2005.

ISHIZAKA, A; LABIB, A. **Analytic hierarchy process and expert choice: Benefits and limitations.** *OR Insight*, v. 22, n. 4, p. 201-220, 2009.

ISO/IEC 9126-1. **Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model.** Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, p. 27, 2001.

ISO/IEC 25010:2011. **Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models.** International Organization for Standardization, 2011.

ISO, W. 9241-11. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).** International organization for standardization, v. 45, 1998.

JOHNSON, M.; EAGLE, M.; BARNES, T.. **Invis: An interactive visualization tool for exploring interaction networks.** In: *Educational Data Mining 2013*. 2013.

KIM, G. J. **Human-Computer Interaction: Fundamentals and Practice.** CRC Press, 2015.

KIRILLOV, A. V. [et al.]. **Improvement in the learning environment through gamification of the educational process.** *Mathematics Education*, v. 11, n. 7, p. 2071-2085, 2016.

KRIZ, W. C.; HENSE, J. U. **Theory-oriented evaluation for the design of and research in gaming and simulation.** *Simulation & Gaming*, v. 37, n. 2, p. 268-283, 2006.

KRUG, S. **Don't Make Me Think! A Common Sense Approach to Web Usability**. New Riders, Berkeley, USA, 2006.

KUUTTI, K.; BANNON, L. J. **The turn to practice in HCI: towards a research agenda**. In: Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems. ACM, 2014. p. 3543-3552.

LEE, Y.; KOZAR, K. A. **Investigating the effect of website quality on e-business success: An analytic hierarchy process (AHP) approach**. Decision support systems, v. 42, n. 3, p. 1383-1401, 2006.

LEWIS, J. R. **Psychometric evaluation of an after-scenario questionnaire for computer usability studies: the ASQ**. ACM SIGCHI Bulletin, v. 23, n. 1, p. 78-81, 1991.

_____. **Psychometric evaluation of the PSSUQ using data from five years of usability studies**. International Journal of Human-Computer Interaction, v. 14, n. 3-4, p. 463-488, 2002.

LEWIS, J. R.; UTESCH, B. S.; MAHER, D. E. **UMUX-LITE: when there's no time for the SUS**. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2013. p. 2099-2102.

LODHI, A. **Usability Heuristics as an Assessment Parameter: For performing Usability Testing**. Software Technology and Engineering (ICSTE), 2010 2nd International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2010.

MACHADO, L.; FERREIRA, E. P.; VERGARA, L. G. L. **Métodos de Avaliação de Usabilidade: Características e Aplicações**. In: 3o. CONEPRO-SUL, Joinville. 3o. CONEPROSUL, 2014.

MARSICO, M.; LEVIALDI, S. **Evaluating web sites: exploiting user's expectations**. International Journal of Human-Computer Studies, v. 60, n. 3, p. 381-416, 2004.

MARTINS, A. I. [et al.]. **Avaliação de usabilidade: uma revisão sistemática da literatura**. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, n. 11, p. 31-43, 2013.

MCGEE, M. **Usability magnitude estimation**. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2003.

MITTA, D. A. **An application of the analytic hierarchy process: A rank-ordering of computer interfaces.** Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, v. 35, n. 1, p. 141-157, 1993.

MORAIS, E. M.; LOPER, A. A. **Interação Humano-Computador.** Londrina: UNOPAR, 2014. 160 p.

MOTTA, G.; QUINTELLA, R. H.; MELO, D. R. A. **Jogos de empresas como componente curricular: análise de sua aplicação por meio de planos de ensino.** Organizações & Sociedade, v. 19, n. 62, 2014.

NASCIMENTO, I. et al. **Melhor prevenir do que remediar: Avaliando usabilidade e UX de software antes de levá-lo para a sala de aula.** In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2016. p. 806.

NIELSEN, J. **10 Usability Heuristics for User Interface Design.** 1995. Disponível em <<http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Acesso em 18 out 2015.

_____. **Projetando websites.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

_____. **Usability 101: Introduction to usability.** 2012. Disponível em <<http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>>. Acesso em 20 set 2015.

NIELSEN, J. LORANGER, H. **Usabilidade na web: projetando websites com qualidade.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

NIELSEN, J; MOLICH, R. **Heuristic evaluation of user interfaces.** In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, 1990. p. 249-256.

_____. **Improving a human-computer dialogue.** Communications of the ACM, v. 33, n. 3, p. 338-348, 1990.

OLIVEIRA, E. S.; LIMA, C. R. B. **Realce das normas e padrões: A usabilidade como fator primordial para a boa interatividade do usuário.** Caderno de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas 01, 2013.

ÖZCAN, T.; ÇELEBI, N.; ESNAF, Ş. **Comparative analysis of multi-criteria decision**

making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. Expert Systems with Applications, v. 38, n. 8, p. 9773-9779, 2011.

PIMENTA, M. S.; MILETTO, E.M.; BORGES, K.S. **Projeto de interface com o usuário. Desenvolvimento de Software II: Introdução ao Desenvolvimento Web com HTML, CSS, JavaScript e PHP.**Eixo: Informação e Comunicação-Série Tekne, p. 47, 2014.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. **Avaliação de Interfaces de Usuário–Conceitos e Métodos.** In: Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Capítulo. 2003.

PRATES, R. O.; FILGUEIRAS, L. V. L. **Usability in brazil.** In: Global Usability. Springer London, 2011. p. 91-109.

REDISH, J. G.; BARNUM, C. **Overlap, influence, intertwining: The interplay of UX and technical communication.** Journal of Usability Studies, v. 6, n. 3, p. 90-101, 2011.

RIVERO, L.; BARRETO, R.; CONTE, T. **Characterizing usability inspection methods through the analysis of a systematic mapping study extension.** CLEI Electronic Journal, 16(1), 12-12, 2013.

SAATY, T. L. **How to make a decision: the analytic hierarchy process.** European journal of operational research, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. Disponível em <<https://www.ida.liu.se/~TDDD06/literature/saaty.pdf>>. Acesso em 20 out 2016.

_____. **Decision making with the analytic hierarchy process.** International journal of services sciences, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process.** Springer Science & Business Media, 2012.

SALGADO, L. C. de C.; BIM, S. A.; SOUZA, C. S. de. **Comparação entre os métodos de avaliação de base cognitiva e semiótica.** In: Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems. ACM, 2006. p. 158-167.

SÁNCHEZ, M. **Assessing the quality of MOOC using ISO/IEC 25010.** In: Learning Objects and Technology (LACLO), Latin American Conference on. IEEE, 2016. p. 1-4.

SANTANA, V. F.; BARANAUSKAS, M. C. C. **WELFIT: A remote evaluation tool for identifying Web usage patterns through client-side logging.** International Journal of Human-Computer Studies, v. 76, p. 40-49, 2015.

SAUAIA, A.C.A. **Laboratório de gestão: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada.** São Paulo: Manole, 2015.

SAURO, J.; DUMAS, J. S. **Comparison of three one-question, post-task usability questionnaires.** In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2009. p. 1599-1608.

SCHAFRANSKI, L. E.; TUBINO, D. F. **Simulação empresarial em gestão da produção: desenvolvendo um laboratório de planejamento e controle da produção através de jogos empresariais.** São Paulo: Atlas, 2013.

SHARP, H.; ROGERS, Y.; PREECE, J. **Interaction design: beyond human-computer interaction.** 17th International Conference, HCI International: Proceedings, Part I, 2015.

SILVA, J. V.; CÔGO, F. R. **A flexibilização curricular da disciplina interação humano computador (IHC) para enfrentar desafios emergentes.** In: Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Sociedade Brasileira de Computação, 2014. p. 457-460.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. **A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management.** International Journal of Production Economics, v. 138, n. 2, p. 215-241, 2012.

SUTCLIFFE, A. **Assessing the reliability of heuristic evaluation for Web site attractiveness and usability.** In: System Sciences, 2002. HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on. IEEE, 2002. p. 1838-1847.

TAO, Y.; CHENG, C.; SUN, S. **What influences college students to continue using business simulation games? The Taiwan experience.** Computers & Education, v. 53, n. 3, p. 929-939, 2009.

VALLE, P. H. D.; VILELA, R. F., PARREIRA, P. A.; INOCÊNCIO, A. C. G. **HEDEG-Heurísticas para Avaliação de Jogos Educacionais Digitais.** In Anais do Congresso

Internacional de Informática Educativa (TISE) (pp. 247-256), 2013.

VALENTIM, N.; SILVA, T. S.; SILVEIRA, M. S.; CONTE, T. **Estudo comparativo entre técnicas de inspeção de usabilidade sobre diagramas de atividades.** In Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (pp. 92-101). Brazilian Computer Society, 2013.

VALENTIM, N. M. C.; CONTE, T. **Improving a Usability Inspection Technique based on Quantitative and Qualitative Analysis.** In Software Engineering (SBES), 2014 Brazilian Symposium on (pp. 171-180). IEEE, 2014.

WILSON, C. **Credible Checklists and Quality Questionnaires: A User-Centered Design Method.** Newnes, 2013.

WINCKLER, M.; PIMENTA, M.S. **Avaliação de usabilidade de sites web.** Escola de Informática da SBC SUL (ERI 2002) ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), v. 1, p. 85-137, 2002.

ANEXOS

Anexo A - Questionário de percepção de usabilidade

Anexo B - Questionário de importância das heurísticas de Nielsen

ANEXO A

PESQUISA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - JOGOS DE EMPRESAS

Heurísticas de Nielsen

Caro (a) aluno (a):

Esta é uma pesquisa que busca avaliar a percepção da usabilidade em jogos de empresa. Ela é parte de uma dissertação de mestrado profissional em gestão e tecnologia em sistemas produtivos.

Ela se baseia em princípios e orientações das Heurísticas de Nielsen, conjunto de elementos que permite avaliar a usabilidade de interfaces de softwares e sites.

Suas respostas são muito importantes na busca de um melhor entendimento da visão do aluno quanto à aplicação, relevância e funcionamento do jogo de empresas como ferramenta para a prática simulada de conceitos e técnicas de gestão corporativa, bem como de desenvolvimento de múltiplas habilidades no atendimento das questões relacionadas à usabilidade.

A pesquisa (30 questões) levará aproximadamente 20 minutos e a maioria das questões deverão ser classificadas de 1 a 5, numa escala de totalmente discordo a concordo totalmente, com a opção de se informar quando a questão colocada não puder ser aplicada/respondida, ou quando o aluno não souber responde-la.

Agradecemos sua contribuição para a melhoria da educação brasileira.

Carlos Majer

INÍCIO

Nome do (a) aluno (a):	
E-mail:	
Nome do Curso:	
Área (Produção, Administração, etc.):	
Tipo (Graduação, pós-graduação, etc.):	
Nome da Instituição:	
Cidade / UF:	
Nome do simulador usado:	

A escala usada vai de 1 que representa **Discordo Totalmente** até 5 que representa **Concordo**

Totalmente. Existe também a opção de informar quando a opção não é aplicável, ou caso não saiba responder.

QUESTIONÁRIO

- 1) O Simulador informa claramente a situação atual do jogo (prazo para inserção das decisões, liberação de resultados, número de jogadas, jogada atual, etc.).

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

- 2) O Simulador traz termos e informações coerentes à atividade profissional.

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

- 3) O Simulador permite desistir de uma inserção ou alteração de dados, sem maiores problemas.

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

- 4) O Simulador traz locais padronizados para acessar os dados do jogo.

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

- 5) O Simulador permite identificar possíveis situações de erros, avisando o (a) aluno (a) para que se possa tomar uma decisão para evitar que o erro ocorra.

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

- 6) O Simulador facilita o acesso às funcionalidades e dados, simplificando a chegada ao local onde se encontram.

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

- 7) O Simulador apresenta formas de agilizar a entrada de dados ou consulta de informações.

1 2 3 4 5

Não sei responder/Não se aplica

Discordo totalmente Concordo totalmente

8) O Simulador é conciso na apresentação de informações e não gera grande volume de dados desnecessários.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

9) O Simulador quando apresenta um erro, o faz numa mensagem clara, indicando precisamente qual foi o erro encontrado.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

10) O Simulador oferece ajuda segundo o contexto da tarefa que está sendo realizada.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

11) O Simulador informa o (a) aluno (a) sobre o resultado de uma inserção, exclusão ou alteração de dados.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

12) O Simulador apresenta uma interface similar ao mundo real.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

13) O Simulador permite desfazer (ou alterar) uma ação feita anteriormente.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

14) O Simulador permite o acesso e a navegação na sua interface (telas) de forma padronizada.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

15) O Simulador solicita a confirmação do usuário para gravar uma alteração de dados de forma a permitir que o (a) aluno (a) desista desta alteração.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

16) O Simulador sempre exibe as opções necessárias para uma tomada de decisão, de forma que não é necessário ficar clicando em algum local da tela para acessá-las.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

17) O Simulador permite exibir ou esconder grupos de informações para agilizar a consulta em seus relatórios.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

18) O Simulador emite suas mensagens e informes trazendo apenas a informação necessária e relevante.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

19) O Simulador traz sugestões para construtivamente recuperar um erro ocorrido.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

20) O Simulador traz manuais, dicas e orientações que permitem ao aluno (a) rapidamente eliminar dúvidas quanto à sua utilização no local em que se encontra.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

21) O Simulador traz informações atualizadas sobre a situação do jogo, sempre que ocorre alguma mudança em seu cenário.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente <input type="radio"/>				

22) O Simulador traz termos simples e fáceis de se entender, próximo ao dia a dia das pessoas.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

23) O Simulador permite a alteração de dados para que uma situação ou condição anterior do jogo possa ser novamente alcançada.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

24) Os elementos da interface do Simulador (menus, botões, imagens, etc.) são usados de forma padronizada e não confundem seu entendimento.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

25) O Simulador limita valores nas decisões de forma a prevenir que o (a) aluno (a) insira valores discrepantes (ou fora da realidade).

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

26) O Simulador apresenta diversos relatórios contendo os resultados das jogadas com todas as informações, de maneira que não é necessário ficar explorando a interface para localizar uma informação desejada.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

27) O Simulador permite acelerar o acesso às funcionalidades (por meio de botões, opções de menu, links, etc.) para o (a) aluno (a) que já tenha maior experiência em sua utilização.

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

28) O Simulador coleta do (a) aluno (a) apenas a informação necessária para a tomada da decisão (da jogada).

	1	2	3	4	5		Não sei responder/Não se aplica
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

29) O Simulador traz boas sugestões e conselhos sempre que algum tipo de erro ocorre.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

30) O Simulador permite a rápida busca de informações, com base no local (tela, relatório, etc.) em que o (a) aluno (a) se encontrar.

	1	2	3	4	5	Não sei responder/Não se aplica	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	<input type="radio"/>				

ANEXO B

PESQUISA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - JOGO DE EMPRESAS

HEURÍSTICAS DE NIELSEN – USABILIDADE

Caro professor:

Esta é uma pesquisa que busca identificar a percepção de questões importantes relacionadas à usabilidade em jogos de empresa e é direcionada especificamente a professores que ministram, na graduação ou pós-graduação universitária, disciplinas envolvendo a utilização de simuladores de jogos de empresas.

Solicita-se que o professor faça a comparação com base na aplicação de um simulador específico e que tenha sido utilizado por uma turma de alunos num curso de pós-graduação universitário.

São apresentadas 10 heurísticas de usabilidade de Nielsen e o que se pede nesta pesquisa é que o professor leia o significado de cada uma e faça uma comparação, apontando, a cada par de heurísticas comparadas, qual delas tem a maior importância.

A pesquisa tem 45 comparações onde uma heurística de usabilidade tem sua importância relativa comparada com outra (comparação par a par). Ela levará aproximadamente 25 minutos para ser completada.

Um dos principais objetivos ao avaliar a usabilidade de uma aplicação de sistema computadorizado é identificar espaços de correção e melhoria, na aplicação, que permita a seus usuários alcançar seus objetivos com eficiência e satisfação, dentro de contextos específicos de uso.

Este estudo é parte de uma dissertação de mestrado profissional em gestão e tecnologia em sistemas produtivos do Centro Paula Souza.

O questionário

Inicialmente serão explicadas as heurísticas de usabilidade de Nielsen.

Em seguida, serão apresentadas diversas comparações entre duas heurísticas (par a par), onde o (a) senhor (a) deverá escolher qual é a mais importante, entre as duas apresentadas, bem como qual é o grau de importância a heurística mais importante. Existe a possibilidade de se informar quando duas heurísticas têm a mesma importância. Agradecemos sua contribuição para a melhoria da educação brasileira.

Carlos A. Majer

INÍCIO

Nome completo do professor:	
Qual é o seu maior nível de formação acadêmica (titulação)?	<input type="checkbox"/> Ensino Superior Completo <input type="checkbox"/> Pós-Graduação (extensão) <input type="checkbox"/> Mestrado <input type="checkbox"/> Doutorado <input type="checkbox"/> Pós-Doutorado
Tempo aproximado de experiência com simuladores (em meses):	
Nome da Instituição:	
Cidade / UF:	
Área (Produção, Administração, etc.):	

HEURÍSTICAS DE NIELSEN

As heurísticas abaixo apontam questões que podem interferir na utilização, entendimento, produtividade, e alcance de objetivos do uso de uma aplicação, quanto às informações e funcionalidades existentes em sua interface (telas, relatórios, vídeo, áudio, etc.). Elas foram explicadas com foco no funcionamento de um simulador de jogos de empresas.

HEURÍSTICA
1 - VISIBILIDADE (de Status do Sistema) O Simulador deve informar claramente os dados esperados, tais como prazo para inserção das decisões de uma jogada e de liberação de resultados, momento atual do jogo, progresso da simulação, resultados de inserção ou atualização de decisão e informações que gerem mudança no cenário da simulação.
2 – EQUIVALÊNCIA (Relacionamento entre a interface do sistema e o mundo real) O Simulador deve trazer terminologia compatível com o entendimento dos alunos e buscar apresentar a simulação de forma mais próxima possível do mundo real, com explicações, orientações e recursos que permitam inserir o aluno de forma natural na simulação.
3 – LIBERDADE (e controle do usuário) O Simulador deve permitir que os alunos possam desistir de uma tomada de decisão (que esteja no prazo) sem que ocorra prejuízo ou penalidade, de forma que seja possível postergar a decisão em caso de dúvidas ou indecisão. É adequado que se consiga desfazer e/ou reverter uma decisão tomada anteriormente.
4 – CONSISTÊNCIA (e aderência a padrões) O Simulador deve disponibilizar dados e funcionalidades de forma padronizada, facilitando a navegação dos alunos. Também deve se comunicar com o aluno de forma eficiente, eliminando possíveis redundâncias e dificuldades no entendimento de suas informações. Sua interface deve buscar utilizar elementos (menus, botões, imagens, etc.) de forma eficaz e padronizada (locais, formas, posicionamento, cores, fontes, etc.).
5 – PREVENÇÃO DE ERROS O Simulador deve prevenir a possibilidade de ocorrência de erros, de maneira que os alunos possam identificar possíveis erros antes de ocorrerem. É adequado que o simulador limite a entrada de dados discrepantes (fora da realidade), definindo faixas ou valores possíveis, como também solicite a confirmação do usuário das operações de atualização de dados, antes de executá-las.
6 – RECONHECIMENTO (ao invés de lembrança) O Simulador deve agregar dados e funcionalidades de forma natural e simplificada no local necessário, reduzindo ou eliminando a necessidade do aluno ter de explorar locais (interface) para tentar encontrar dados ou funcionalidades.
7 – FLEXIBILIDADE E EFICIÊNCIA (de uso) O Simulador deve prever formas de agilizar o acesso a dados ou funcionalidades para usuários mais experientes (agrupar dados, exibir grupos de dados relacionados, disponibilizar opções de menus ou links para acesso direto a dados e funcionalidades, etc.), porém, sem impactar de forma negativa o uso de

usuários menos experientes.

8 – ESTÉTICA E DESIGN (minimalista)

O Simulador deve limitar a quantidade de dados exibidos num dado momento e local (tela, relatório, imagem, áudio, vídeo, etc.), de forma a oferecer apenas a informação necessária. É adequado que ele colete do aluno apenas o que for necessário conforme o procedimento que o aluno executa.

9 – RECONHECIMENTO (diagnóstico e resolução de erros)

O Simulador deve mostrar de forma clara o erro encontrado, com detalhes suficientes para que o aluno entenda exatamente o que aconteceu. É adequado que ele traga boas sugestões para que se possa se recuperar de forma construtiva do erro ocorrido.

10 – AJUDA E DOCUMENTAÇÃO

O Simulador deve trazer ajuda de forma contextual e geral, permitindo que o aluno consiga entender adequadamente a funcionalidade ou dado apresentado. É adequado que o sistema permita efetuar buscas de informações onde o aluno se encontrar, como também dicas e orientações em geral.

38	<input type="radio"/> 6-RECONHECIMENTO	OU	<input type="radio"/> 9-IDENT/RECUP. ERROS	<input type="radio"/>									
39	<input type="radio"/> 6-RECONHECIMENTO	OU	<input type="radio"/> 10-AJUDA E DOCUMENTAÇÃO	<input type="radio"/>									
40	<input type="radio"/> 7-FLEXIBILIDADE EFICIÊNCIA	OU	<input type="radio"/> 8-ESTÉTICA E DESIGN	<input type="radio"/>									
41	<input type="radio"/> 7-FLEXIBILIDADE EFICIÊNCIA	OU	<input type="radio"/> 9-IDENT/RECUP. ERROS	<input type="radio"/>									
42	<input type="radio"/> 7-FLEXIBILIDADE EFICIÊNCIA	OU	<input type="radio"/> 10-AJUDA E DOCUMENTAÇÃO	<input type="radio"/>									
43	<input type="radio"/> 8-ESTÉTICA E DESIGN	OU	<input type="radio"/> 9-IDENT/RECUP. ERROS	<input type="radio"/>									
44	<input type="radio"/> 8-ESTÉTICA E DESIGN	OU	<input type="radio"/> 10-AJUDA E DOCUMENTAÇÃO	<input type="radio"/>									
45	<input type="radio"/> 9-IDENT/RECUP. ERROS	OU	<input type="radio"/> 10-AJUDA E DOCUMENTAÇÃO	<input type="radio"/>									

A cada comparação (Heurística **A** versus Heurística **B**), marque com um **X** naquela que acreditar ser mais importante.

Em seguida, marque com um **X** o grau de importância da heurística escolhida, considerando os valores:

1 = Ambas heurísticas têm a mesma importância.

3 = A heurística escolhida tem importância moderada sobre a outra.

5 = A heurística escolhida tem forte importância sobre a outra.

7 = A heurística escolhida tem importância muito forte sobre a outra.

9 = A heurística escolhida tem absoluta importância sobre a outra.

Os valores 2, 4, 6 e 8 representam escalas intermediárias de importância entre as opções informadas.