

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Elisa Maria Melo Silva

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO BASEADA EM
AGENTES NO DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE ENSINO BASEADA EM
SIMULAÇÃO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho

Abril de 2017

Itajubá - MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Elisa Maria Melo Silva

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO BASEADA EM
AGENTES NO DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE ENSINO BASEADA EM
SIMULAÇÃO

Dissertação aprovada por banca examinadora em 27 de Abril de 2017, conferindo ao autor o título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Ricardo Pinto (Externo)

Profª. Dra. Renata Aparecida Ribeiro Custódio (Interna)

Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi (Orientador)

Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho (Coorientador)

Abril de 2017

Itajubá - MG

DEDICATÓRIA

A Deus e às parcerias feitas ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar os meus passos sempre e a todos os aprendizados que esta vida me proporcionou, levando ao crescimento e a evolução pessoal.

Agradeço aos meus pais, Marlene e Sarto, que me ajudaram da melhor maneira oferecendo apoio e carinho, e à minha irmã Natália, que completou esta família da melhor forma. A toda minha família, Tias e Tios, Primas e Primos e Avós, o meu agradecimento.

Agradeço especialmente ao meu Orientador, Prof. José Arnaldo, pela oportunidade, apoio e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao meu Coorientador, Prof. Alexandre Pinho, agradeço sua atenção e as dúvidas que ajudaram a melhorar esta pesquisa. Agradeço também a Dra. Renata Custódio pela parceria, ajuda e amizade neste processo todo.

Agradeço a Dra. Patricia Trbovich pelo acompanhamento e orientação neste projeto e a Dra. Ana Paula Almeida pela parceria no Laboratório de Usabilidade da UNIFEI.

Agradeço aos professores do Instituto de Engenharia de Produção e Gestão pelo conhecimento compartilhado durante suas aulas: Dr. Anderson Paulo de Paiva, Dr. André Luiz Medeiros, Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr. Carlos Henrique Pereira Mello, Dr. João Batista Turrioni, Dr. José Antonio de Queiroz, Dr. José Henrique de Freitas Gomes, Dr. Pedro Paulo Balestrassi, Dr. Rafael Coradi Leme, Dr. Renato da Silva Lima.

Agradeço aos amigos e colegas do mestrado e doutorado do IEPG presentes nesse tempo: Daniel, Josenildo, Harlenn, Julio, Wesley, Camila, Renata, Kívia, Marcella, Rafael, Danillo, Daniele, Giancarlo, Vítor, Diogo, Marcelo, Adriano, Washington, Lívio, Fabiano, Fabrício, Gabriela.

Aos amigos que tiveram uma importante carga de apoio no sucesso deste projeto: Gabriele, David, Custódio, Tábata, Patrícia, Taynara, Miranda, Ana Paula e Fernanda, minha amizade e minha gratidão.

Agradeço também Adriana, Ângela, Anna Paula, Bruna, Carol, Cristiany, Érika, Franciane, Marina, Roberta, Rose, Sonia e Vaneísa pela amizade e aconselhamento.

Finalmente, agradeço a empresa Fanem® e ao Programa de Pró-Engenharias da CAPES, CNPq e à FAPEMIG pelo apoio e incentivo à esta pesquisa.

“É exatamente disso que a vida é feita: de momentos! Momentos os quais temos que passar, sendo bons ou não, para o nosso próprio aprendizado, por algum motivo. Nunca esquecendo do mais importante: nada na vida é por acaso.”

Chico Xavier

RESUMO

A simulação e a educação receberam um foco nos últimos anos pois, o uso da tecnologia tem gerado consequências sérias na área de saúde. Profissionais e estudantes tem cometido erros ao lidar com a tecnologia e na relação profissional/paciente. A Organização Mundial da Saúde e alguns órgãos responsáveis pelo desenvolvimento de equipamentos médicos de muitos países tiveram suas atenções voltadas a estes problemas e exigindo dos fabricantes uma melhor usabilidade destes equipamentos. Alinhados com estas questões, alguns estudos demonstram que a aprendizagem em espaços controlados, em ambientes livres de risco, pode ser efetiva com a ajuda da simulação. A simulação é uma ferramenta importante na capacitação profissional, pois é possível aprender e reconhecer as mais diversas situações normais e anormais da interface de uma tecnologia (ou equipamento), o que pode contribuir significativamente com o aumento da segurança do paciente. Este tipo de aprendizado faz com que o usuário tenha a oportunidade de instruir-se fazendo, errando e aprendendo com suas próprias limitações. Um ambiente de saúde que representa uma dessas situações, bastante complexo e com várias tecnologias é o de uma Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. Neste ambiente, uma incubadora neonatal se destaca como um equipamento de suporte à vida de um recém-nascido prematuro, pois mantém um microclima adequado às necessidades de cada paciente. Considerando a importância do aprendizado/treinamento dos profissionais dessa área, o objetivo deste trabalho é desenvolver um simulador para capacitação/treinamento de profissionais da área de saúde que atuam na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. Para atingir este objetivo foi reproduzido um painel de controle (interface) deste equipamento médico, que foi validado com diferentes técnicas (simulação e teste de usabilidade), e avaliado se a modelagem e simulação baseada em agentes contribui na reprodução desta ferramenta de ensino baseado em simulação. A metodologia utilizada foi a modelagem e simulação com análise combinada de resultados (quantitativos e qualitativos). O objeto de estudo foi o painel de controle de uma incubadora neonatal que se encontra no Laboratório de Usabilidade e Fatores Humanos para Equipamentos Médicos da Universidade Federal de Itajubá (Brasil). O modelo de simulação conceitual foi validado por especialistas com conhecimento do equipamento e o simulador foi verificado e validado por especialistas e profissionais da área de saúde. Os usuários apontaram que a ferramenta facilita o uso de novas tecnologias, acelerando a adaptação ao novo equipamento, e o conhecimento antecipado de eventos e tarefas simulados promove o uso seguro da nova tecnologia, diminuindo a probabilidade de erros. A modelagem e simulação baseada em agentes se mostrou uma ferramenta adequada para a reprodução desta interface possibilitando a construção do simulador para treinamento de seus usuários.

Palavras-chaves: Ensino baseado em simulação, Simulação baseada em agentes, Usabilidade, Incubadora neonatal, Unidade de Terapia Intensiva Neonatal, Equipamentos médicos.

ABSTRACT

Simulation and education have received a focus in recent years because of the use of technology has had serious consequences in the healthcare area. Professionals and students have made mistakes in dealing with technology and in the relationship professional/patient. The World Health Organization and some medical device development agencies in many countries have their attention focused on these problems and requiring manufacturers to develop medical devices with better usability. Aligned with these questions, some studies demonstrate that learning in controlled spaces, in risk-free environments, can be effective with the help of simulation. Simulation is an important tool to capacitate professionals, so they can learn and recognize different situations, normal or abnormal, from the equipment's interface, which can help increase significantly the patient safety. This type of learning enables the user to have the opportunity to instruct himself by doing, erring, and learning from his own limitations. A health environment that represents one of these situations, quite complex and with several technologies, is the Neonatal Intensive Care Unit. In this environment, a neonatal incubator stands out as a life support equipment for a premature newborn, as it maintains a microclimate that is adequate to the needs of each patient. Considering the importance of the learning/training of professionals in this area, the objective of this work is to develop a simulator for training healthcare professionals in a Neonatal Intensive Care Unit. To achieve this objective, a control panel (interface) of the medical equipment was reproduced, which was validated with different techniques (simulation and usability testing), and evaluated whether agent-based modeling and simulation contributes to the reproduction of this simulation-based learning tool. The methodology used was the modeling and simulation with combined analysis of results (quantitative and qualitative). The object of study was the control panel of a neonatal incubator that is in the Laboratory of Usability and Human Factors for Medical Equipment of the Federal University of Itajubá (Brazil). The conceptual simulation model was validated by specialists with knowledge on the medical device and the simulator was verified and validated by specialists and healthcare professionals. The users pointed out that the tool facilitates the use of new technologies, accelerating the adaptation to the new equipment, and the anticipated knowledge of events and simulated tasks promotes the safe use of the new technology, reducing the probability of errors. The agent-based modeling and simulation proved to be a suitable tool for the reproduction of this interface, allowing the construction of the simulator for the training of its users.

Keywords: *Simulation-based learning, Agent-based simulation, Usability, Neonatal incubator, Neonatal intensive care unit, Medical devices.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Um agente típico	25
Figura 3.1 - Classificação da pesquisa	40
Figura 3.2 – Modelo de pesquisa para simulação	42
Figura 3.3 - Modelo de pesquisa para simulação adaptado	42
Figura 3.4 - Protocolo ODD	43
Figura 3.5 - Incubadora neonatal	44
Figura 3.6 – Representação esquemática da metodologia	44
Figura 4.1 - Lógica do Agente Simulador	49
Figura 4.2 - Detalhes da primeira tarefa de configuração do painel de controle	50
Figura 4.3 - Detalhes das tarefas aleatórias de configuração do painel de controle	51
Figura 4.4 - Tela principal do simulador	51
Figura 4.5 - Representação computacional do Agente no AnyLogic®	52
Figura 4.6 - Representação computacional do Evento no AnyLogic®	52
Figura 4.7 - Representação computacional de Variável no AnyLogic®	53
Figura 4.8 - Representação computacional do Botão no AnyLogic®	53
Figura 4.9 - Representação computacional de Texto, Imagem e Retângulo no AnyLogic® ..	53
Figura 4.10 - Representação computacional dos elementos do Diagrama de Estado no AnyLogic®	53
Figura 4.11 - Representação computacional do Botão “Tarefa cumprida!” no AnyLogic® ..	54
Figura 4.12 – Agente Simulador	55
Figura 4.13 – Tela main do simulador	56
Figura 4.14 – Painel de controle da incubadora simulado	56
Figura 5.1 – Etapas do Teste de Usabilidade	58
Figura 5.2 - Fichas das tarefas	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – DOE Fatorial da amostra	60
Tabela 5.2 - Alpha de Cronbach das afirmações do questionário	61
Tabela 5.3 – Características demográficas dos participantes	62
Tabela 5.4 - Opinião dos participantes em relação ao painel de controle da incubadora neonatal	63
Tabela 5.5 - Opinião dos participantes em relação às tarefas	64
Tabela 5.6 - Opinião dos participantes em relação a ferramenta Ensino baseado em Simulação	65

LISTA DE ABREVIATURAS

UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
IEPG	Instituto de Engenharia de Produção e Gestão
FHE	Fatores Humanos e Ergonomia
FDA	Food and Drugs Administration
SBA	Simulação baseada em Agentes
EBS	Ensino baseado em Simulação
PEARLS	Promoção da Excelência e Aprendizagem Reflexiva na Simulação
PO	Pesquisa Operacional
CAS	Complex Adaptive Systems
UML	Unified Modeling Language
SD	Sistemas Dinâmicos
M&S	Modelagem e Simulação
HPC	High Performance Computing
TCL	Tool Command Language
MPI	Message Passing Interface
OpenMP	Open Multi-Processing
GUI	Graphic User Interface
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ABNT	Agência Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
HIT	Health Information Technology
IHC	Interface Homem-Computador
EAV	Escala Analógica Visual
DOE	Design of Experiments
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
FMIIt	Faculdade de Medicina de Itajubá
ODD	Overview, Design Concepts and Details
ECRI	Emergency Care Research Institute
HCSL	Hospital das Clínicas Samuel Libânio
UTIN	Unidade de Terapia Intensiva Neonatal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1 Objetivos	6
1.2 Estrutura do Texto	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Ensino baseado em Simulação.....	8
2.2 Simulação Baseada em Agentes	13
2.2.1 Simulação Computacional.....	18
2.2.2 SBA	18
2.3 Usabilidade	21
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	40
3.1 Classificação da Pesquisa	40
3.2 Método de Pesquisa	41
3.3 Objeto de Estudo.....	43
3.4 Representação esquemática da metodologia.....	44
4. CONDUÇÃO DA PESQUISA	46
4.1 Problema	46
4.2 Conceitualização	47
4.3 Modelo Conceitual.....	49
4.4 Modelagem	51
4.5 Modelo Científico	52
4.6 Validação	57
5. RESULTADOS E ANÁLISES	58
5.1 Teste de Usabilidade	58
5.2 Validação do Questionário Pós-Simulação.....	60
5.3 Resultados Quantitativos	61
5.3.1 Questionário Pré-Simulação	61
5.3.2 Questionário Pós-Simulação	63
5.4 Resultados Qualitativos	66
5.4.1 Questionário Pós-Simulação	66
5.4.2 Análise dos Vídeos	67
5.5 Correlacionando os Resultados Quantitativos com os Qualitativos	67

5.6	Observações da Pesquisadora	68
6.	CONCLUSÕES.....	70
APÊNDICE A	– Questionário	72
APÊNDICE B	– Códigos Fonte	74
APÊNDICE C	– Termo de Consentimento	77
APÊNDICE D	- Questionário Pré-Simulação.....	79
APÊNDICE E	– Questionário Pós-Simulação	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXO 1	– Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa	99
PUBLICAÇÃO E SUBMISSÃO DE ARTIGOS	101

1. INTRODUÇÃO

O acúmulo exponencial de conhecimento e a incorporação crescente de tecnologias trazem novos desafios aos cenários atuais de educação com currículos universitários altamente complexos (SOUZA, IGLESIAS e PAZIN-FILHO, 2014). Da vontade e da necessidade de conhecimento do homem, várias técnicas e formas de aprendizado surgiram desde o início dos tempos e, atualmente, com a tecnologia à disposição, nada mais imprescindível do que utilizá-la e evoluir com a mesma. A simulação foi definida como “a técnica de imitar o comportamento de alguma situação ou processo (seja econômico, militar, mecânico, etc.) por meio de uma situação ou de um aparelho adequadamente análogo, especialmente para fins de estudo ou treinamento de pessoal” (BRADLEY, 2006).

A tecnologia vem se destacando na área de saúde nos últimos anos, com seu ensino e o desenvolvimento de novos produtos e equipamentos. Novas pesquisas na área de aprendizado e treinamento e do uso de equipamentos na área médica, tanto no Brasil, nos EUA, e quanto na Austrália, levantaram questões quanto as maneiras de ensino com simulação e como os fatores humanos podem ajudar no desenvolvimento de novos equipamentos de melhor usabilidade.

Em 2004, um relatório do Instituto de Medicina dos EUA constatou que os currículos de educação médica de graduação careciam de domínios específicos de ciências comportamentais e sociais, como papel e conduta do médico e sua interação com o paciente, além de como a maioria dos erros médicos resultam em danos ao paciente são devido a problemas de comunicação (WEST *et al.*, 2016). A segurança do paciente tornou-se uma área central de preocupação durante os últimos quinze anos, com vários relatórios importantes e estudos destacando o papel do erro humano em eventos adversos, resultando na colocação da segurança do paciente na agenda da Organização Mundial da Saúde em 2009 (FLYNN, SANDAKER e BALLANGRUD, 2017). De cada 100 pacientes hospitalizados em qualquer momento, 7 em países desenvolvidos e 10 em países em desenvolvimento adquirirão infecções associadas a cuidados de saúde (WHO, 2014).

Em uma pesquisa realizada no Brasil, para conhecer a perspectiva de médicos sobre a saúde e o trabalho em uma Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN) de um hospital público do estado do Rio de Janeiro, chegou-se à conclusão de que existe a necessidade de uma política de valorização profissional abrangente que inclua mudanças na organização laboral a partir dos locais de trabalho com a participação dos trabalhadores (ROCHA, de SOUZA e TEIXEIRA, 2015). Na Austrália, aproximadamente dois terços de todos os hospitais oferecem treinamento regular de simulação para eventos de emergência e, nas últimas duas décadas, inúmeros

serviços de saúde investiram em centros de simulação de alta tecnologia e alta fidelidade para atender às necessidades de treinamento, oferecendo inúmeros benefícios para treinamento de simulação em eventos de segurança de pacientes (DWYER *et al.*, 2015).

Zimmerman e House (2016) relatam que o *Institute of Medicine* americano identificou a educação em simulação como uma componente tecnológica chave, se métodos alternativos de ensino devem ser utilizados para facilitar a aquisição e manutenção de competências na área de enfermagem, pois quatro fatores tornaram a necessidade de instrução simulada uma prioridade do ensino destes profissionais: altos custos de erros com medicamentos no ambiente de internação hospitalar, a lacuna de preparação-prática, percepções de enfermeiros e *design* de currículo.

Em relação a tecnologia dos equipamentos médicos e seu manuseio, muitas pesquisas relatam a importância de melhorar a usabilidade destes equipamentos para diminuir os casos de erro pelos profissionais da área. Para Pelayo e Ong (2015), apesar da crescente conscientização da importância de fatores humanos e ergonômicos (FHE) na concepção dos sistemas de alta tecnologia, a sua aplicação nos cuidados de saúde permanece "na sua infância". Para os mesmos autores, intervenções de FHE nesta área ainda estão longe de ser sistematicamente realizadas ou, na melhor das hipóteses, a sua adoção e utilização são incompletas, já que métodos para incorporar FHE em princípios de *design* em ambientes clínicos e seu impacto sobre a segurança do paciente, permanecem com poucos estudos.

Vincent e Blandford (2017) observam que a situação do lado da oferta, ou seja, dos fabricantes de equipamentos médicos, pode mudar na sequência da recente emissão de orientações da *Food and Drugs Administration (FDA)* sobre "Aplicando Fatores Humanos e Engenharia de Usabilidade para Dispositivos Médicos" (FDA, 2016), que se concentra no desenvolvimento de novos produtos ao invés de focar na venda de equipamentos sem estudos prévios de usabilidade. Esta orientação define o conteúdo de um relatório de Engenharia de Fatores Humanos e Usabilidade e descreve técnicas que podem ser aplicadas (por exemplo, entrevistas, análise de tarefas, análise heurística e teste de uso simulado) para desenvolvimento de novos equipamentos médicos (VINCENT e BLANDFORD, 2017).

Enquanto o FDA se preocupa com o desenvolvimento de novos produtos, as ferramentas de ensino apoiam, auxiliam no aprendizado de estudantes e profissionais de diversas áreas. A criação de ferramentas de Ensino baseado em Simulação é importante para o treinamento e o aprendizado de profissionais e de estudantes da área de saúde. A simulação é capaz de criar interação e comunicação necessárias entre o modelo e os usuários (BRAILSFORD *et al.*, 2010). Ela também pode ser usada para análise dinâmica da situação (BERTOLINI *et al.*, 2011), além

de ser uma ferramenta eficaz de apoio à decisão no processo de modelagem e na avaliação dos efeitos das mudanças nos cuidados de saúde (SHIM e KUMAR, 2010). Para isso, a Modelagem e Simulação baseada em Agentes foi a metodologia encontrada para desenvolver um simulador para reprodução de equipamentos médicos de forma rápida e com menos custos em relação a compra do próprio equipamento para treinamento. Para Figueredo *et al.* (2015), os sistemas são construídos em uma perspectiva de baixo para cima, ou seja, uma compreensão da dinâmica do sistema surge a partir de interações individuais e seu ambiente, do equipamento com o usuário como exemplo.

Da discussão acima, os temas Ensino baseado em Simulação, Simulação baseada em Agentes e Usabilidade serão discutidos nesta dissertação. Foi verificado em pesquisas nas bases de dados Scopus, PubMed e EBSCO não existirem publicações em que todos estes temas aparecem juntos como focos de estudo. A seguir, são apresentados os objetivos da pesquisa e sua organização.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um simulador de uma interface de equipamento médico para capacitação/treinamento de profissionais da área de saúde.

Para cumprir este objetivo, se faz necessária a realização dos objetivos específicos a seguir:

- Reproduzir o painel de controle (interface) do equipamento médico e validá-lo com diferentes ferramentas;
- Avaliar se a Simulação baseada em Agentes (SBA) pode contribuir com a criação e funcionamento de uma ferramenta de Ensino baseado em Simulação (EBS).

1.2 Estrutura do Texto

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia de Pesquisa, Condução da Pesquisa, Resultados e Análise e Conclusões.

A Introdução (Capítulo 1) apresentou os temas, as relevâncias e as justificativas da pesquisa, seus objetivos e sua estrutura na sua subdivisão. A Revisão Bibliográfica está descrita no Capítulo 2, que traz uma breve revisão sobre Ensino baseado em Simulação, Simulação baseada em Agentes, dividida em Simulação Computacional e SBA e, finalmente, Usabilidade. O Capítulo 3 apresenta a Metodologia de Pesquisa que foi dividida em classificação da pesquisa, método da pesquisa, objeto de estudo e representação esquemática da metodologia. O Capítulo 4, Condução da Pesquisa, descreve como esta foi conduzida e suas partes: problema, conceitualização, modelo conceitual, modelagem, modelo científico e validação. O Capítulo 5,

Resultados e Análise, apresenta os resultados e as análises da pesquisa. O Capítulo 6, Conclusões, finaliza o trabalho com as principais conclusões e propostas para trabalhos futuros. Os Apêndices, as Referências Bibliográficas, os Anexos e as Publicações e Submissão de Artigos são apresentados ao final da dissertação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão sobre os temas desta dissertação: Ensino baseado em Simulação, Simulação baseada em Agentes e Usabilidade.

2.1 Ensino baseado em Simulação

Segundo Banks *et al.* (2004), a simulação é a imitação da operação de um processo do mundo real ou um sistema durante um período de tempo. Para Robinson (2014), a simulação é uma experimentação com uma imitação simplificada (em um computador) de um sistema de operações à medida que o mesmo progride ao longo do tempo, com o objetivo de melhor compreender e/ou melhorar esse sistema.

A simulação pode ser usada para resolver os problemas, os quais são demasiadamente complexos ou dinâmicos para serem solucionados com métodos matemáticos, pois ao utilizar, como exemplos, cálculo, teoria da probabilidade ou métodos algébricos, pode haver uma solução final apenas (KELTON, SADOWSKI e STURROCK, 2008). A simulação é uma técnica, não uma tecnologia, para substituir ou amplificar experiências reais com experiências guiadas que evocam ou replicam aspectos substanciais do mundo real de uma forma totalmente interativa (GABA, 2007).

A simulação também é uma ferramenta pedagógica de ensino/aprendizagem que se baseia numa situação real, projetada para fornecer aos alunos situações reais e permitir-lhes praticar e aprender em um ambiente seguro (JUNG *et al.*, 2017). Para este mesmo autor, a simulação clínica desempenha um papel importante na ajuda aos estudantes e profissionais na prática nesta área, pois oferece oportunidades para repetir o desempenho clínico e integrar o conhecimento neste cenário sem o risco de danos a pacientes e profissionais reais. Segundo Chang *et al.* (2016), as simulações clínicas são métodos de ensino que imitam situações da vida real e colocam os alunos para praticá-las. A aprendizagem com simulação baseia-se no fundamento filosófico de uma teoria educativa contemporânea - o construtivismo, em que os alunos são capazes de compreender as situações que eles podem enfrentar no mundo real com a experiência pessoal (CHANG *et al.*, 2016).

O Ensino baseado em Simulação (EBS), de acordo com Sigalet *et al.* (2016), fornece contexto de prática real em um ambiente sem risco para criar um local para as pessoas (equipes, estudantes) praticarem suas tarefas e trabalho em equipe. A essência do EBS é realizar as tarefas a fim de realmente entendê-las (SHTUB, 2016). Este tipo de prática deliberada é usado para

educar, identificar e fechar lacunas de desempenho, de modo que as pessoas são capazes de efetivamente gerenciar pacientes reais (SIGALET *et al.*, 2016).

Shtub (2016) descreve em seu artigo que o EBS surgiu da utilização de jogos/simulações, no final de 1950 nos Estados Unidos e na década de 1960 na Europa, tornando-se importante nos processos de tomada de decisão em ambientes acadêmicos, financeiros, na formação de militares e em ciências sociais. Desde a virada do século, o EBS e a formação de estudantes tornaram-se um importante tema de pesquisa e estudo, e que tem levado a importantes avanços nas áreas de saúde e ciências baseadas em simulação (JOHNSTON *et al.*, 2016).

James I. Grieshop (1987) enumerou alguns benefícios de aprender com jogos e simulações, como: (i) enfatiza o questionamento sobre a resposta por parte dos jogadores; (ii) oferece oportunidades para examinar criticamente os pressupostos e as implicações que fundamentam várias decisões; (iii) expõe a natureza dos problemas e possíveis caminhos de solução; (iv) cria um ambiente de aprendizagem que gera o aprendizado pela descoberta; (v) promove habilidades na comunicação, interpretação de personagens, resolução de problemas, liderança e tomada de decisão; (vi) aumenta a motivação e interesse em um assunto. Segundo o mesmo autor, as evidências aparecem, pois, aumentam a retenção de conhecimento e a energização do processo de aprendizagem e, ainda, facilitam a compreensão das relações entre áreas dentro de um assunto (GRIESHOP, 1987). Por definição, uma simulação é baseada na imitação de um sistema ou de uma situação, enquanto que um jogo não está vinculado por esta limitação, mas segue exclusivamente suas próprias regras (LANDRISCINA, 2015).

Para Curtis, DiazGranados e Feldman (2012), a prática de usar modelos anatômicos construídos a partir de materiais rudimentares disponíveis para o treinamento era comum em antigas configurações de cuidados de saúde. Apesar da evidência histórica de que a simulação tem sido usada para o treinamento médico por séculos, o uso sistemático da simulação na educação médica surgiu apenas nas últimas duas décadas, e seu uso crescente nesta área é em grande parte devido aos avanços tecnológicos que têm aumentado a capacidade de modelar de forma confiável tarefas clínicas do mundo real, proporcionando assim maiores oportunidades de aprendizagem experiencial (CURTIS, DIAZGRANADOS e FELDMAN, 2012).

Donkers *et al.* (2016) observam que a simulação é amplamente utilizada na educação médica e, em 2011, a *Association of American Medical Colleges* publicou resultados de uma pesquisa que foi realizada em 90 escolas médicas e 64 hospitais universitários relatando que a simulação tem sido a inovação mais proeminente na educação médica nos últimos 15 anos. Segundo Dwyer *et al.* (2015), na Austrália, nas últimas duas décadas, inúmeros serviços de saúde

investiram em centros de simulação de alta tecnologia e alta fidelidade para atender às necessidades de treinamento e, aproximadamente dois terços de todos os hospitais oferecem treinamento regular de simulação de emergência.

A simulação é uma metodologia de ensino usada em uma variedade de profissões de cuidados de saúde e varia de fidelidade e realismo de treinadores de tarefas a manequins de alta fidelidade, pacientes padronizados e sistemas de computador de realidade virtual (ALFES, STEINER e RUTHERFORD-HEMMING, 2016). De acordo com Miller *et al.* (2016), estudos de apoio à simulação é uma valiosa estratégia para o ensino de habilidades clínicas, tomada de decisão, pensamento crítico e segurança do paciente.

Para Jung *et al.* (2017), os efeitos dos métodos de EBS têm sido relatados em várias áreas, como verificou-se que o EBS aumenta o empoderamento e a eficiência dos alunos, habilidades de comunicação e de pensamento, além dos níveis de ansiedade significativamente menores. Um estudo de revisão integrado revelou resultados de educação com simulação nas seguintes cinco áreas: confiabilidade/eficácia, satisfação, ansiedade/estresse, habilidades/conhecimento e experiências interdisciplinares (FORONDA *et al.*, 2013). O uso da simulação clínica em programas de enfermagem de graduação em Taiwan tem aumentado gradualmente nos últimos 5 anos, em que pesquisas anteriores mostraram que a experiência de ansiedade dos alunos durante as sessões de laboratório simuladas influencia sua autorreflexão e eficácia na aprendizagem (PAI, 2016).

Para Alfes, Steiner e Rutherford-Hemming (2016), as simulações permitem que os alunos demonstrem habilidades de conhecimento e prática em um ambiente de aprendizado seguro e controlado, onde os objetivos específicos foram determinados e os educadores podem fornecer avaliações combinadas e formativas. Segundo os mesmos autores, a simulação demonstrou ser altamente eficaz quando comparada com a educação clínica tradicional, e vários pesquisadores também mostraram que o EBS leva à aprendizagem experiencial e melhora os resultados dos pacientes.

A tecnologia de simulação mostrou que tem ajudado os residentes a alcançar padrões de domínio de aprendizagem, como oferecer oportunidades de uma prática segura e deliberada, aquisição de habilidades clínicas, transferência de competências para cenários clínicos reais (o que leva a um melhor atendimento e resultados dos pacientes), pois é uma forma rigorosa de educação baseada em competências que fornece um método para avaliar objetivamente uma habilidade ou tarefa particular (MALAKOOTI *et al.*, 2015).

A abordagem de aprender fazendo também pode tornar conceitos abstratos mais concretos (RAMASUNDARM *et al.*, 2005) e, ainda, o engajamento interativo e *feedback* imediato de simulações permitem que os alunos trabalhem em seu próprio ritmo e facilmente podem repetir ensaios, promovendo o raciocínio conceitual e compreensão mais profunda (SMETANA e BELL, 2012). Ainda, segundo Donnison *et al.* (2015), tarefas autênticas de simulação, como o ambiente virtual de aprendizado, tem muitos benefícios pedagógicos potenciais como promover acesso a oportunidades de aprendizado a pessoas dispersas com necessidades educativas flexíveis e também permite incorporar tarefas autênticas nas atividades de aprendizado que são motivadoras por natureza e mais atrativas.

Para Dwyer *et al.* (2015), o treinamento em simulação aumenta a conscientização sobre os fatores que afetam os cuidados de qualidade, particularmente o trabalho em equipe e a comunicação que se tornam eficazes. Os mesmos autores observaram que um desafio importante para os educadores é desenvolver experiências de simulação que sejam facilmente portáteis, rentáveis e eficientes no tempo para criar e imitar o realismo para os alunos, levando ao aprendizado em profundidade e ao aprimoramento do raciocínio clínico e ações clínicas.

A maioria dos pesquisadores concorda que a interatividade da simulação no computador e sua capacidade de envolver os alunos são as chaves para maximizar as suas vantagens em melhorar a aprendizagem dos mesmos (LUO *et al.*, 2016). As simulações de computador interativas dão aos aprendizes um senso de controle e propriedade de sua exploração e descoberta, e assim, aumentam a sua compreensão e retenção de informações (PODOLEFSKY, MOORE e PERKINS, 2013), recriando e visualizando processos ou fenômenos reais que levariam muito tempo, ou pode ser muito perigoso ou muito complicado para uma sala de aula/laboratório convencional (AKPAN, 2001).

As tecnologias interativas, tais como ambientes de aprendizagem baseados em computador e manipuláveis, disponibilizam poderosas ferramentas digitais que permitem novas representações de temas que são difíceis de ensinar e novas abordagens para a aprendizagem individualizada, capazes de estruturar e apoiar o ensino, a colaboração, a monitorização do progresso e sua avaliação (BUCKLEY, LOVELAND e BRENNER, 2015).

Da Cruz *et al.* (2016) utilizaram uma ferramenta digital ao usar simuladores cirúrgicos para treinamento, em que aumenta o realismo e a eficiência do processo de aprendizagem, com incorporação de imagens virtuais, resultando em simuladores de cirurgia de realidade virtual, semelhantes aos simuladores de voo implantados em treinamento piloto. De acordo com Palaganas, Brunette e Winslow (2016), um simulador é qualquer objeto ou representação usado

durante o treinamento ou avaliação que se comporta ou opera como um dado sistema e responde às ações do usuário. Os simuladores replicam cenários de atendimento ao paciente em um ambiente realista e tem a vantagem de permitir a repetição do mesmo cenário em um ambiente controlado, permitindo a prática sem risco para o paciente, minimizando assim as chances de erro médico (JOSEPH *et al.*, 2015). A simulação é uma técnica que usa uma situação ou ambiente criado para permitir que as pessoas experimentem uma representação de um evento real com a finalidade de praticar, aprender, avaliar, testar ou obter entendimento de sistemas ou ações humanas, e que a simulação é a aplicação de um simulador ao treinamento e/ou avaliação (PALAGANAS, BRUNETTE e WINSLOW, 2016).

Devido à importância do simulador neste cenário de ensino, a fidelidade deste tem sido reconhecida como um fator crítico que influencia a transferência de aprendizagem (ALESSI, 1998). Para Shtub (2016), a questão da fidelidade funcional do simulador é uma medida do seu desvio a partir da situação real, e apresenta três dimensões: perceptiva, funcional e modelo de fidelidade. A primeira se refere ao nível de realismo que evoca em termos de sua aparência e comportamento em relação ao sistema real; a segunda (funcional) alude à maneira como os usuários utilizam e controlam a simulação, o seu comportamento e as respostas às ações do usuário; e finalmente, a fidelidade do modelo refere-se à medida em que o modelo matemático ou lógica subjacente a simulação está perto dos processos reais e seus fenômenos (SHTUB, 2016).

Johnston *et al.* (2016) fizeram em sua pesquisa algumas considerações sobre o uso da simulação e de simuladores apresentadas a seguir:

- i. Sobre como utilizar a simulação para ensinar e avaliar o julgamento e a tomada de decisão em situações de rotina e de crise: a existência de simuladores/cenários de simulação que tenham suficiente fidelidade para criar situações em que o aprendiz/participante deve exercer julgamento cirúrgico e/ou tomada de decisão, como exemplos; e a disponibilidade de ferramentas de avaliação adequadamente validadas para avaliar o julgamento cirúrgico e a tomada de decisões.
- ii. Sobre o tipo e método de *feedback* mais eficaz para melhorar o desempenho em simuladores: o *feedback* é muitas vezes considerado o componente mais importante do EBS para otimizar o aprendizado. O *debriefing* (reflexão) constitui o cerne do ciclo de aprendizagem experiencial de Kolb (processo por onde o conhecimento é criado através da transformação da experiência, em que o conhecimento é um processo de transformação, sendo continuamente criado e recriado) (KOLB, 1984) e da prática

reflexiva de Schön (o qual enfatiza a aprendizagem através do fazer) (SCHÖN, 2000), facilitando o intercâmbio de diálogo reflexivo entre o formador e o formando. A autorreflexão é um exercício pelo qual um indivíduo identifica seus próprios pontos fortes e fracos com a reflexão após a avaliação através do uso de uma ferramenta de classificação.

- iii. Sobre o desempenho clínico com o treinamento em simuladores: os simuladores foram desenvolvidos para complementar o treinamento clínico, em um esforço para melhorar a segurança do paciente e maximizar o treinamento. Embora a aquisição de habilidades com treinamento baseado em simulação tenha sido estabelecida, a evidência está crescendo para demonstrar que as habilidades se transferem ao cenário clínico.
- iv. Sobre os melhores resultados para os pacientes, a segurança e qualidade dos cuidados esperados após um treinamento com simuladores: a literatura é ainda mais escassa quando se trata de considerar o impacto da simulação na mortalidade dos pacientes. A mortalidade tende a ser o foco de atenção de qualquer estudo explorando os resultados dos pacientes, por isso é seguro assumir que qualquer grupo de pesquisadores que tinha ligado com êxito uma intervenção de simulação à mortalidade reduzida teria relatado em uma publicação de alto impacto. É altamente provável que um estudo robusto e multicêntrico envolvendo a colaboração entre os líderes neste campo será necessário para estabelecer esta ligação. Até a data deste artigo, não existem estudos que possam reivindicar isso. Uma infinidade de estudos mostrou que a simulação pode traduzir-se em melhor desempenho simulado e, em menor grau, no desempenho clínico, mas a ligação definitiva com as medidas de resultado do paciente permanece fora de alcance. Esta afirmação é apoiada por vários artigos, que relataram achados semelhantes.

Para Lai *et al.* (2016), as competências não técnicas de um administrador de recursos em situações críticas, tais como gerenciamento de tarefas, trabalho em equipe, conscientização da situação e tomada de decisões, são cruciais para garantir a segurança do paciente ao gerenciar crises. Nos últimos anos, o treinamento com simulação foi demonstrado ser uma ferramenta eficaz na aprendizagem deste e ser mais eficaz do que o ensino didático. Além do aumento de conhecimentos e habilidades, o aprendizado no simulador parece ser transferido para o cuidado do paciente (LAI *et al.*, 2016). Os mesmos autores ainda observaram que o EBS é apoiado pela teoria da prática deliberada que afirma que os alunos precisam praticar ativamente para serem eficazes.

Em outra pesquisa, o simulador Orpheus foi desenvolvido como uma ferramenta de ensino, em que este foi incorporado em uma sala de cirurgias de configuração realista que pode ser manipulado para demonstrar cenários, exibindo parâmetros fisiológicos que são consistentes com eventos da vida real (SMELT *et al.*, 2016).

Waterman *et al.* (2016) argumentam que embora os simuladores de realidade virtual tenham estabelecido validade de construção, nenhum estudo comprovou a transferência de habilidades de um simulador para melhorar a habilidade cirúrgica real. Os autores levantaram a hipótese de que o treinamento de simulação melhoraria o desempenho básico e a segurança e o treinamento com simuladores para residentes em aprendizado, podendo diminuir os tempos cirúrgicos, melhorar as habilidades cirúrgicas básicas e conferir maior segurança ao paciente durante a artroscopia do ombro, exemplo da pesquisa realizada.

Segundo Fanning e Gaba (2007), os simuladores são parte integrante das sessões de treinamento com simulação, que são organizadas com objetivos de aprendizagem específicos em mente e com maior eficácia no ensino de adultos. Oferecem a oportunidade de percorrer as etapas do ciclo experimental de uma forma estruturada e muitas vezes combinam o componente experimental ativo do próprio exercício de simulação com uma posterior análise e reflexão sobre a experiência, com o objetivo de facilitar a incorporação de mudanças na prática (FANNING e GABA, 2007). De acordo com Ali, Nisar e Ghassan (2015), os elementos presentes em uma dessas sessões são: instrutor em ambiente controlado, seguro e centrado no aprendiz; sessão planejada e roteirizada; especialista (s) para orientar quando necessário; o aprendiz pode parar e solicitar apoio durante a sessão; e recebe explicação (*debriefing*, análise) planejada.

Cheng *et al.* (2016) discutem que o crescimento da simulação como modalidade-chave de educação em saúde levou ao desenvolvimento de vários métodos de discussão diferentes para atender a várias necessidades de aprendizado, juntamente com pesquisas que descrevem variações na concepção e entrega de relatórios. Para estes autores, como elemento central do processo de aprendizagem experiencial, a reflexão proporciona aos alunos oportunidades para refletir sobre eventos clínicos simulados e para identificar e analisar: áreas de força e/ou áreas de melhoria, soluções para problemas; e aplicações para a prática clínica futura. Para isso, criaram uma lista de verificação, a Promoção da Excelência e Aprendizagem Reflexiva na Simulação – PEARLS, descrita na sequência.

A lista de verificação segue cada fase da abordagem mista do PEARLS para *debriefing*, com as fases Reações, Descrição, Análise e Resumo formando diferentes seções da lista de verificação.

Para cada fase há então uma série de tarefas, cada uma das quais é concluída, parcialmente (ou por vezes) concluída, não concluída ou não aplicável. A fase de análise da lista de verificação é dividida em três subseções, representando a facilitação focada, a autoavaliação do aluno e o *feedback* direto, e o ensino. Essas subseções da lista de verificação podem ser usadas para avaliar a totalidade do desempenho de reflexão como um todo, ou podem ser usadas para avaliar parte dela ou uma linha específica de questionamento. Para o último, os especialistas precisarão imprimir cópias múltiplas da facilitação direcionada e *feedback* direto e subseções de ensino, como cada série de tarefas destina-se a avaliar uma linha de questionamento abordando apenas uma lacuna de desempenho. Por exemplo, as cinco tarefas atribuídas ao *feedback* diretivo e aos ensinamentos devem ser preenchidas a cada vez que o *feedback* diretivo é dado para uma diferença de desempenho dessemelhante (CHENG *et al.*, 2016).

No artigo de Guise e Wiig (2016), o modelo de Dieckmann (2009) foi adaptado nas seguintes seis fases de um programa de treinamento: introdução de configuração, entrada de teoria, *briefing*, cenário de simulação, reflexão, término de curso. Cada cenário de simulação é projetado para ter um número limitado de objetivos de aprendizado desejados; e todo o conteúdo do curso, incluindo os cenários de simulação, foi submetido a testes de validade de conteúdo e construído por peritos e revisado por especialistas clínicos (Guise e Wiig, 2016). Aura *et al.* (2016) descrevem que as simulações feitas em sua pesquisa seguiam uma estrutura comum com uma introdução, um cenário, a ação e o *debriefing*.

Outros autores discutem ainda uma fase anterior a simulação (curso ou treinamento) chamada pré-reflexão (*prebriefing*) (PAGE-CUTRARA e TURK, 2017). A apreciação prévia, o desempenho das competências e o julgamento clínico foram examinados a partir dos quadros teóricos da prática reflexiva e do construtivismo e no contexto da simulação para a aprendizagem dos alunos. A reflexão está embutida através da reflexão em ação (SCHÖN, 1987), que pode ocorrer durante a simulação ao encenar o cenário, e a reflexão sobre a ação (SCHÖN, 1987), que pode ocorrer durante a reflexão enquanto se pensa nas ações após o cenário finalizado. Além disso, a reflexão sobre a ação (DREIFUERST, 2009) tem sido descrita como reflexão que se estende às atividades pós-simulação durante o *debriefing*. A pré-reflexão foi conceitualmente identificada na literatura como não apenas um tempo para preparar os alunos para os aspectos funcionais e operacionais do cenário de simulação e das fases de *debriefing*, mas como um tempo para preparar os alunos para praticar a intencionalidade de perceber durante o atendimento ao paciente (JEFFRIES, 2014). Objetivos claros e facilitação estruturada por professores especialistas para apoiar esta maneira de pensar pode melhorar o

desenvolvimento desta habilidade essencial em principiantes, e no caso deste artigo, para os estudantes de enfermagem novatos que não têm experiência ou prática de pensar como um profissional ou com os processos de reflexão necessários, a incorporação de estruturas como aquelas adotadas por teóricos da reflexão em uma atividade de pré-pesquisa estruturada poderia apoiar a metacognição ou pensar sobre o pensamento (PAGE-CUTRARA e TURK, 2017).

Quanto aos instrumentos de avaliação das sessões de EBS, Grisham *et al.* (2016) explanam que para avaliar a eficácia subjetiva do treinamento como uma experiência de aprendizagem, foi desenvolvido um questionário de pós-simulação em que os alunos participantes foram solicitados a classificar seu nível de concordância com cada uma de suas afirmações usando uma escala de Likert (1931) de 5 pontos. Neste caso, os questionários foram distribuídos através de um portal da Web e submetidos anonimamente. Chang *et al.* (2016) aplicaram questionários aos pais que participaram da pesquisa destes autores para avaliar informações sobre o comportamento de seus filhos em crises febris. Os mesmos autores utilizaram como método de validação de questionário o alpha de Cronbach (1951). Pietsch *et al.* (2016) também utilizaram auto avaliações de seus participantes através de questionários com classificação na escala de Likert, cujos resultados mostraram que estes sentiram que poderiam melhorar suas habilidades em todas as atitudes relacionadas à segurança, como exemplo.

Segundo Gliem e Gliem (2003), essa escala é uma das mais utilizadas em questionários, pois a informação recolhida muitas vezes em ciências sociais, medicina, marketing e negócios, em relação a atitudes, emoções, opiniões, descrição do ambiente de pessoas envolve seu uso. E como elas são compostas de múltiplos itens utilizados para avaliar como as pessoas se sentem em relação ao que se é perguntado ou analisado, se discordam completamente ou concordam completamente com algum construto, o *alpha* de Cronbach fornece uma medida de consistência interna nestes testes, ou seja, interpreta a confiabilidade correlacionando o teste a ele mesmo numa escala de 0 a 1, com valores de validação de um questionário entre 0,7 e 0,95 (TAVAKOL e DENNICK, 2011).

A simulação é um processo de instrução que substitui encontros reais de pacientes por modelos artificiais criados por simulações de computador em monitores, simuladores de tarefas parciais e manequins de alta fidelidade e de corpo inteiro, permitindo a prática sem risco para o paciente e minimizando as chances de erro médico (JOSEPH *et al.*, 2015). Nos últimos anos, as pesquisas de EBS na área de cuidados da saúde apresentaram estudos e projetos bem variados e avançados.

Willis *et al.* (2016) desenvolveram um portal de simulação de educação suplementar com o objetivo de facilitar um ambiente de aprendizagem combinada que permite aos alunos aprimorarem suas habilidades de selecionar adequadamente os estudos de imagem, incentivando uma cultura de segurança e fornecendo informações importantes sobre o custo dos cuidados de saúde. Este ambiente facilita a aprendizagem sem comprometer a segurança do paciente ou o desperdício desnecessário de recursos médicos em hospitais afiliados.

Donkers *et al.* (2016) observaram que os médicos assistentes tinham oportunidades limitadas como estudantes ao se envolverem na avaliação de um recém-nascido ou no processo de parto antes do segundo ano de treinamento clínico. Percebendo que os alunos, durante as avaliações ficavam ansiosos, criaram um simulador de parto em grande escala com simulações de alta e baixa fidelidades. A simulação de alta fidelidade envolvia um manequim ou treinador de tarefas computadorizado que permitia respostas baseadas na entrada do usuário, enquanto o de baixa fidelidade não permitia entrada ou *feedback*.

Na Suécia, a simulação e o treinamento de habilidades são implementados na educação de parteiras para prepará-las para a prática clínica (LENDAHLS e OSCARSSON, 2017). No estudo de Lendahls e Oscarsson (2017), o objetivo deste foi explorar as experiências dos alunos no processo de educação com estudantes de obstetrícia de nível avançado, que foram entrevistados em 13 entrevistas de grupo de 2011 a 2015, com a utilização de um guia de entrevista semiestruturado e os dados foram avaliados por análise de conteúdo. Dessa pesquisa resultou que a maioria dos alunos sentiu que a simulação e o treinamento de habilidades eram necessários para se familiarizar com as mãos sobre as tarefas; ter práticas repetitivas em um ambiente seguro foi visto como importante, e os alunos altamente valorizaram que os erros poderiam ser feitos sem medo de incluir a segurança do paciente; a colaboração, as reflexões e o pensamento crítico do aluno aumentaram a capacidade de aprendizagem; e o treinamento de simulação e de habilidades criou vínculos entre teoria e prática, e o professor teve um papel importante na provisão de instruções e *feedback*.

Sivertsen, McNeill e Müller (2016) criaram uma estação de reaprendizagem durante uma sessão de simulação em que os alunos deveriam identificar onde falharam durante o treinamento. Para os autores esta técnica incentiva o aprendizado através da reflexão, melhorando sua metacognição e aprendizado praticando e refazendo um cenário, mas apenas o ponto onde cometem o erro. Este estudo visou compreender a recepção dos alunos desta nova estação e analisar a sua eficácia percebida como uma estratégia de aprendizagem, trazendo um benefício profundo para o ensino do estudante na simulação.

Grant, Wolff e Adler (2016) acreditam que tradicionalmente, a simulação está disponível exclusivamente para grandes centros médicos e acadêmicos, devido ao alto custo e experiência necessários para usar o EBS. No entanto, dado que a maioria das crianças recebe cuidados do departamento de emergência fora dos centros acadêmicos e dos hospitais infantis autônomos, houve um maior reconhecimento da necessidade de proporcionar educação aos profissionais de saúde que a praticam fora de grandes centros médicos. A simulação pode ser fornecida nestas configurações de várias maneiras, e uma delas é através da educação à distância usando a simulação baseada em tela que oferece oportunidade de melhorar as habilidades cognitivas e requer recursos mínimos em comparação com o uso de manequins de alta tecnologia.

A simulação por computador nos cuidados de saúde é amplamente relatada na literatura (REYNOLDS *et al.*, 2011), e as capacidades de aprendizagem e deficiências de cada indivíduo são tão reais em mundos artificiais como no mundo real (TOWNE, JONG e SPADA, 2012).

2.2 Simulação baseada em Agentes

2.2.1 Simulação Computacional

Os métodos de simulação computacional foram desenvolvidos desde o começo dos anos 60 juntamente com o aparecimento das linguagens de programação (FORTRAN®) de aplicação geral (PIDD, 2004; PEREIRA, 2014). Além disso, a simulação é um dos métodos analíticos mais utilizados em diferentes áreas científicas (AASE *et al.*, 2016; JIANG *et al.*, 2016; TSUBOI *et al.*, 2016; WOOD *et al.*, 2016).

Segundo Xie e Peng (2012), a pesquisa operacional (PO) tem sido aplicada nos sistemas de saúde há décadas e tem orientado com sucesso o planejamento de recursos de saúde, avaliação do sistema e redesenho, além de ser um dos métodos mais utilizados de PO nestes sistemas. Por serem complexos e com múltiplos tomadores de decisão, como características incertas e variáveis dos sistemas de saúde, a modelagem na área pode ser muito complicada (BERTOLINI *et al.*, 2011). A simulação é capaz de interação e comunicação necessária entre o modelo e os usuários (BRAILSFORD *et al.*, 2010). Ela também pode ser usada para análise dinâmica da situação (BERTOLINI *et al.*, 2011), pode ajudar a identificar gargalos e ajustar recursos ou pessoal sem perturbar o sistema atual (WANG *et al.*, 2009). É uma ferramenta eficaz de apoio à decisão no processo de modelagem e na avaliação dos efeitos das mudanças nos cuidados de saúde (SHIM e KUMAR, 2010).

A simulação geralmente representa um sistema ou processo, dessa forma deve-se estudá-lo cientificamente e fazer inúmeras suposições sobre como este sistema funciona (KELTON e LAW, 2000). Segundo os mesmos autores, essas suposições (matemáticas ou lógicas) constituem um modelo, que é usado para tentar ganhar algum conhecimento de como o sistema correspondente se comporta. Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, sistema ou ideia em alguma outra forma que não a da entidade em si, ou em um sentido mais amplo, como uma certa quantidade de informações e atributos sobre aquilo que é representado, de acordo com objetivos e necessidades da análise (STRACK, 1984; TORGA, 2007).

Para Reynolds *et al.* (2011), a modelagem, ou seja, a construção de um modelo, requer exposição e análise das interações importantes e as relações envolvidas em um sistema complexo, que também pode conduzir a uma maior compreensão do sistema a ser estudado. Em termos gerais, existem dois tipos distintos de modelos, aqueles que descrevem os fenômenos de interesse matematicamente com uma linguagem simbólica (por exemplo, por meio de equações diferenciais), e aqueles que descrevem fenômenos através de descrições visuais que expressam o comportamento dos objetos e situações modelados e suas interações (TOWNE, JONG e SPADA, 2012). Entretanto, segundo estes mesmos autores, os modelos são muito diferentes nos requisitos cognitivos, por isso o interesse especial é nas últimas espécies de modelos por duas razões: (i) é provável que os objetos e suas interações muitas vezes correspondem melhor do que equações diferenciais para os modelos mentais; e (ii) os alunos se relacionam com descrições visuais muito melhor do que com equações diferenciais.

O modelo de simulação em saúde é mais complexo do que o modelo utilizado na simulação de manufatura, pois comparado com os seres humanos em saúde com materiais na fabricação, o comportamento humano afeta os resultados da simulação e muito (DUFFY, 2011). O comportamento humano desempenha um papel significativo na saúde, como, por exemplo, os pacientes podem não ser capazes de completar um medicamento prescrito devido ao efeito colateral; pesquisas de avaliação da medicação que ignora tais fatores comportamentais podem gerar resultados não confiáveis (XIE e PENG, 2012).

Em simulações, o elemento de competição não está necessariamente presente, como nos jogos, e é importante distinguir dois tipos de simulação de computador: aquelas baseadas em modelos, que são caracterizadas pela construção de um modelo teórico do sistema; e simulações experimentais, com base na criação de um evento virtual a ser experimentado por um ou mais participantes (LANDRISCINA, 2015).

Existem algumas estruturas criadas para facilitar e orientar os passos na construção de um projeto de simulação, desde a identificação de variáveis de um sistema ou processo a ser estudado até a verificação do modelo simulado. Além disso, é importante a escolha da melhor estrutura que se adapte ao tipo de simulação utilizada no projeto, como a eventos discretos ou baseada em agentes, por exemplo. Algumas dessas estruturadas são encontradas em Mitroff *et al.* (1974), Grimm *et al.* (2006), Chwif e Medina (2010) e Montevechi *et al.* (2010).

Kelton, Sadowski e Sturrock (2008) descrevem as seguintes medidas a serem tomadas para a organização e desenvolvimento do modelo de simulação apropriado: (1) formular o problema, (2) compreender o sistema, (3) estabelecer metas claras, (4) formular a representação do modelo, (5) recolher dados precisos, (6) construir o modelo científico, (7) verificar o modelo, (8) validar o modelo e o projeto, (9) executar os experimentos, (10) analisar os resultados e (11) documentar e relatar descobertas.

Para Montevechi *et al.* (2010), um projeto de simulação é dividido em três fases, e cada uma tem um modelo em si como resultado final: a fase de concepção (modelo conceitual), a fase de execução (modelo científico) e a fase de análise (modelo operacional). No desenvolvimento do modelo conceitual se escolhe a técnica de mapeamento de processos, faz-se a coleta dos dados, define-se a finalidade ou aplicação, o âmbito e o nível de detalhe que será adotado (PEREIRA, MIRANDA e MONTEVECHI, 2013) no modelo, além de sua verificação e validação (MONTEVECHI *et al.*, 2010). Para Banks (2004), uma vez desenvolvido e validado, um modelo pode ser usado para investigar uma ampla variedade de situações sobre o sistema do mundo real, em que potenciais alterações podem ser simuladas, a fim de prever o seu impacto sobre o desempenho do mesmo.

Na sequência (fase de implementação), o modelador (profissional, gerente, supervisor, etc.) escolhe um *software* e transforma o modelo conceitual em um computacional, que também precisa ser verificado e validado (PEREIRA, MIRANDA e MONTEVECHI, 2013).

Como a simulação representa um processo ou sistema real, por meio da construção de um modelo científico, Sargent (2015) define duas fases importantes de um projeto de simulação:

- Verificação do modelo: "assegurar que o programa de computador do modelo computadorizado e sua implementação estão corretos";
- Validação do modelo: "comprovação de que um modelo dentro do seu domínio de aplicabilidade possui uma gama satisfatória de precisão consistente com a aplicação pretendida do modelo".

A fim de validar um modelo, a verificação precisa ser concluída com êxito, e no caso de simulação por computador, a verificação e validação podem ser aplicados aos modelos conceitual e simulado, bem como para os resultados (TIMM e LORIG, 2015). Balci (1998) lista 15 princípios sobre verificação, validação e testes de estudos de simulação em que o primeiro deles é que esta fase deve ser conduzida durante todo o ciclo de vida do estudo.

Na última fase, o modelo de computador deve ser submetido às variações e várias experiências, o que resultará nas criações de novos cenários e réplicas, de modo que as respostas podem ser analisadas e comparadas com o sistema real (MONTEVECHI *et al.*, 2007).

É importante notar que essas estruturas não são uma fórmula por si só e que estes são elementos frequentemente utilizados na maioria dos estudos (HARPRING *et al.*, 2014).

A simulação computacional como técnica apresenta vantagens e desvantagens. Entre as vantagens, Law e Kelton (2000) e Banks *et al.* (2008) citam: (i) Permite a replicação precisa dos experimentos; (ii) Fornece melhor controle sobre as condições experimentais; (iii) Capacidade de simular longos períodos em um tempo reduzido; (iv) Evita gastos inúteis; (v) Exploração de novas políticas, procedimentos, regras de decisão, fluxos de informação, sem interferir ou interromper no sistema real; (vi) Teste de hipóteses de como e porque certos fenômenos ocorrem; (vii) Proporciona um maior conhecimento sobre a interação das variáveis e sua importância ao funcionamento do sistema.

Algumas desvantagens encontradas por Law e Kelton (2000) e Carson II (2004) foram: (i) Possibilidade de dados não estarem disponíveis ou serem caros para obtenção; (ii) A construção do modelo de simulação requer treinamento especial em um *software* apropriado e linguagem de programação; (iii) Os resultados podem ter uma difícil interpretação; (iv) A modelagem por simulação e a análise podem ser demoradas e caras; (v) Validação do modelo é obrigatória.

Embora a utilização da simulação computacional tenha se iniciado nos anos 60 juntamente com o aparecimento das linguagens de programação (PIDD, 2004; PEREIRA, 2014), o uso da simulação computacional para o estudo de sistemas complexos empregando agentes é um empreendimento relativamente novo, emergente durante meados da década de 1990 (DAY *et al.*, 2013).

2.2.2 Simulação baseada em Agentes

A Simulação Baseada em Agentes (SBA) tem suas raízes históricas no estudo de sistemas adaptativos complexos (CAS – *Complex Adaptive Systems*), originalmente motivada por

investigações sobre a adaptação e o surgimento de sistemas biológicos (NORTH e MACAL, 2007).

Segundo Yilmaz (2015), os conceitos que expõem a sinergia da inteligência artificial e da simulação datam do final dos anos 1970, quando Tuncer Ören introduziu as estratégias que delineiam o uso de assistência computacional em atividades baseadas em modelos e, mais tarde, quando promoveu os princípios de uso da cibernética para o desenvolvimento de *software* de simulação. Em 1980, Ören, Elzas e Zeigler explicitaram várias facetas da sinergia de modelagem e simulação, inteligência artificial e sistemas baseados em conhecimento (YILMAZ, 2015).

A SBA é aplicada em muitas áreas, abrangendo sistemas sociais, comportamentais, culturais, físicos e biológicos (MACAL e NORTH, 2013). A sua chegada, no início de 1990, prometeu oferecer algo novo, interessante e potencialmente aplicável à Pesquisa Operacional, o que contrastou com o volume maior de artigos de SBA em revistas de disciplinas como Ciência da Computação, Ciências Sociais e Economia na época (SIEBERS *et al.*, 2010).

Para Borshchev (2013), a adoção da SBA por praticantes de simulação começou no início dos anos 2000 e foi desencadeado por alguns motivos, como o desejo de obter uma visão mais profunda de sistemas que não são bem capturados por abordagens de modelagem tradicionais, avanços na tecnologia de modelagem vindos de ciência da computação (modelagem orientada a objetos, UML e diagramas de estados) e ainda o avanço rápido dos computadores relacionados à energia e memória.

Como a SBA é derivada de sistemas complexos, sua linha de base é a noção de que os sistemas são construídos em uma perspectiva de baixo para cima, ou seja, uma compreensão da dinâmica do sistema surge a partir de interações individuais e seu ambiente (FIGUEREDO *et al.*, 2015). Para Li *et al.* (2016), as metodologias de ciência de sistemas, tais como dinâmica de sistemas, simulação a eventos discretos, análise de rede e modelagem baseada em agentes, têm o potencial de informar os tomadores de decisão sobre como as condições crônicas de saúde se desenvolvem e suas consequências. Ao contrário dos modelos estatísticos padrão, que frequentemente assumem independência de observações, causalidade unidirecional e não interferência, as metodologias de ciência de sistemas permitem a integração de dados e evidências de muitas fontes diferentes e em muitos níveis de análise (LI *et al.*, 2016).

Lopes, Almeida e Almada-Lobo (2016) fazem um paralelo entre SBA e Sistemas Dinâmicos - SD. Para os autores, a SBA é uma ferramenta adequada para o planejamento da força de

trabalho de saúde, tanto para pesquisadores quanto para formuladores de políticas, é eficaz para gerar previsões de evolução dos profissionais de saúde, mas também para estudar outros comportamentos econômicos relevantes que podem afetar a força de trabalho, apresentando diversos benefícios sobre a simulação SD. Algumas das propriedades individuais podem ser adicionadas ao SD com a ajuda de matrizes dimensionais que tentam capturar cada propriedade, no entanto, assim que os modelos crescem em complexidade, o mesmo se torna também extremamente complexo (LOPES, ALMEIDA e ALMADA-LOBO, 2016). Como a SBA não requer fluxo e estrutura de nível agregado pré-definidos (como no SD), é mais flexível para expandir através da adição de comportamentos de agentes, regras de interação e capacidade de aprendizado, além de poder incorporar outras técnicas de modelagem (LIU e WU, 2016).

Em geral, a característica distintiva da SBA é baseada na descentralização de um sistema em seus componentes constituintes, representando-os através de um conjunto de agentes (ou um único agente) e seu ambiente (KASAEI e KELTON, 2015). Os comportamentos são programados a nível individual, e as propriedades do sistema emergem do agente e da interação dos mesmos entre si e com o meio ambiente, também referida como uma abordagem de modelagem ascendente (BONABEAU, 2002).

Para Wares *et al.*, (2016), os modelos baseados em agentes consistem em uma coleção de agentes autônomos e heterogêneos (indivíduos), um ambiente no qual os agentes residem e uma coleção de regras que governam como os mesmos interagem uns com os outros e com o ambiente. Cada agente tem um conjunto de características (atributos) cujos valores variam ao longo do tempo e são exclusivos desse agente, bem como um conjunto de comportamentos (ações) que este executa, podendo o ambiente também ter atributos (WARES *et al.*, 2016).

Anderson e Titler (2014) definem a SBA como uma ferramenta metodológica que permite demonstrar os efeitos interativos e dinâmicos de indivíduos heterogêneos e seus comportamentos sobre outros indivíduos em seu ambiente, cujos modelos são úteis para simular relações teóricas e, assim, contribuir para o desenvolvimento da teoria.

Tuncer Ören apontou uma visão mais ampla para o uso de agentes em Modelagem e Simulação (M&S) ao sugerir que os agentes também podem ser usados para ajudar ou apoiar a geração de modelos de comportamento como parte dos simuladores ou fornecer suporte cognitivo como entrada ou saída da interface em um sistema de simulação (simulação direcionada ao agente - *agent-directed simulation*) (YILMAZ, 2015).

Lopes, Almeida e Almada-Lobo (2016) relatam que a SBA tem sido utilizada no setor da saúde para estudar os fenômenos epidemiológicos, as interações entre o utilizador e o prestador de serviços, os efeitos das políticas de derivação dos doentes nos serviços de emergência, medicamentos são difundidos através da interação social, e muitas outras aplicações. A lógica de agentes pode ser modelada usando gráficos de estado que são fáceis de visualizar e entender, auxiliando em uma validação externa por especialistas na área (LOPES, ALMEIDA e ALMADA-LOBO, 2016)

A dinâmica no mercado de cuidados de saúde torna difícil avaliar os efeitos matematicamente ou empiricamente, pois tais investigações exigem o uso de ferramentas de engenharia modernas, particularmente a SBA, para explorar e modelar interações complexas entre o paciente e o provedor e os resultados pertinentes do sistema (ALIBRAHIM e WU, 2016). Por isso, a verificação no que se refere à garantia de que o modelo implementa corretamente a estrutura conceitual pretendida e a validação, para garantir que o modelo represente corretamente o sistema especificado no objetivo, são importantes (ALIBRAHIM e WU, 2016).

Alguns autores discutem sobre as características de um agente. Para Jones e Evans (2008), cada agente é capaz de agir de forma independente e é guiado por um conjunto de regras programadas, sendo a estrutura baseada em agentes para simulação vantajosa, porque facilita a identificação de fenômenos emergentes e, como os agentes individuais interagem, a dinâmica do sistema abrangente pode ser estudada.

As características dos agentes para Gudwin (2012) são: independência, adaptabilidade, rastreabilidade, robustez, reatividade, autonomia, pró-atividade. Macal e North (2013), para fins práticos de modelagem, consideram que os agentes têm certas propriedades e atributos, como se segue (Figura 2.1):

- **Modularidade:** um agente é um indivíduo identificável, discreto, com um conjunto de características ou atributos, comportamentos e capacidade de tomada de decisão. O requisito modularidade implica que um agente tem um limite que pode ser determinado facilmente se algo (isto é, um elemento de estado do modelo) é parte de um agente, não é parte de um agente, ou é uma característica comum entre os mesmos.
- **Autonomia:** um agente pode funcionar de forma independente em seu ambiente e em suas interações com outros agentes, geralmente a partir de uma gama limitada de situações que são do interesse e que surgem no modelo. O comportamento do agente refere-se a um processo que liga as informações que o agente captura de seu ambiente e as interações de suas decisões e ações.

- **Sociabilidade:** um agente é social, pois interage com outros agentes. Protocolos de interação comuns incluem a disputa por espaço, evita colisões, o reconhecimento do agente, comunicação, troca de informações, influência, ou o domínio de mecanismos específicos do aplicativo.
- **Condicionalidade:** um agente tem um estado que varia ao longo do tempo e esta circunstância consiste num conjunto ou subconjunto de seus atributos. O estado de um modelo baseado em agentes compreende a situação coletiva de todos eles e o ambiente em que seus comportamentos são condicionados. Quanto mais diversificado o conjunto de possíveis estados de um agente, mais rico o conjunto de comportamentos que este pode ter.



Figura 2.1 - Um agente típico

Fonte: Adaptado de Macal e North (2013).

Segundo Xie e Peng (2012), os agentes representam fatores humanos para a qualidade do cuidado e satisfação dos pacientes na sala de operação. As funções gerais e os caracteres dos agentes utilizados na SBA são os seguintes, de acordo com estes autores: agente é um indivíduo com um conjunto de regras que regem seus comportamentos e capacidade de tomada de decisão; o agente é autônomo - um agente pode funcionar de forma independente e pode interagir com outros agentes; agente pode ser definido como objetivo direcionado para atingir a meta; o agente tem a capacidade de aprender e adaptar o seu comportamento a partir da experiência e da decisão anterior.

Na opinião de Helbing (2012), os comportamentos e as interações dos agentes podem ser formalizados por meio de equações ou especificados, através de regras (decisão), como regras lógicas (se-então - *if-then*), tornando a modelagem muito mais flexível, além de poder facilmente considerar as variações individuais nas regras de comportamento (heterogeneidade) e influências aleatórias ou variações (estocásticas).

Os diagramas de estado da linguagem de modelagem unificada (UML) podem ser usados para auxiliar a modelagem de agentes, pois através de gráficos de estado é possível definir e visualizar seus estados, suas transições entre si, eventos que desencadeiam transições, temporização e ações do agente (FIGUEREDO *et al.*, 2015). Para Day *et al.* (2013), no nível conceitual mais básico, um diagrama de estado é simplesmente uma condição discretizada e regras para como essa condição muda. Para os mesmos autores, na prática, um diagrama de estado é um conjunto representado graficamente de "estados", condições que um agente pode habitar, e "transições", regras de como um agente sai de um estado e entra em outro; e são facilmente representados como gráficos direcionados, onde os estados são nós no gráfico, e as transições são arestas, com as setas mostrando sua direção de ação.

Bonabeau (2002) descreve que a SBA é uma atitude mais do que uma tecnologia, pois nesta mentalidade, um sistema deve ser descrito a partir da perspectiva de suas unidades constituintes. Para Colier e Ozik (2013), a SBA é um método de cálculo das potenciais consequências do nível do sistema do comportamento de grupos de indivíduos, e que também permite, aos modeladores, especificar as regras comportamentais individuais de cada agente; descrever as circunstâncias ou a topologia em que os indivíduos agem; e, em seguida, executar as regras para se determinar os possíveis resultados do sistema estudado. Ainda, segundo os mesmos autores, para codificar uma SBA devem-se implementar regras individuais de comportamento às circunstâncias em que os indivíduos agem, e de um mecanismo para a execução das mesmas.

Quando a SBA é aplicada a sistemas humanos, Bonabeau (2002) resumiu da seguinte maneira: (i) as interações entre agentes são complexas, não-lineares, descontínuas ou discretas; (ii) o espaço é crucial e a posição dos agentes não é fixa; (iii) a população é heterogênea, cada indivíduo é, potencialmente, único; (iv) a topologia das interações é heterogênea e complexa e (v) os agentes apresentam comportamentos complexos como aprendizado e adaptação. Para Gilbert (2008), uma grande vantagem da modelagem baseada em agentes é que as dificuldades para assegurar o isolamento do sistema humano e os problemas éticos da experimentação não estão presentes em sistemas virtuais ou computacionais, lembrando que a realização de

experiências com um modelo científico de algum fenômeno social irá produzir resultados interessantes apenas se o modelo se comportar da mesma maneira que um sistema humano.

No trabalho de Borges *et al.* (2017), foi discutido que existem simulações de alta complexidade pois contem milhares de agentes sendo modelados, requerendo um longo tempo de execução. Nestes casos, simulações paralelas e distribuídas podem ser a solução pois dispõem de uma poderosa arquitetura disponível, possibilitando a criação destes modelos e alcançando resultados mais próximos da realidade, segundo os mesmos autores. A paralelização é conseguida através da distribuição entre diferentes partes do mundo dos nós que participam na simulação, em que cada um distribui a simulação de sua porção atribuída entre os núcleos de estudo (KANG *et al.*, 2017).

Kang et al. (2017) listam as plataformas de computação de alta performance (HPC – High Performance Computing) disponíveis que são capazes de trabalhar a simulação em paralelo como: Ecolab (STANDISH e LEOW, 2004), ambiente orientado a objetos escrito em C ++, que quando funcionando em paralelo, utiliza o “intérprete” TCL (Tool Command Language) em cada processador utilizado, facilitando sua execução; REPAST HPC (COLLIER e NORTH, 2013), lançado em 2012 e escrito em C ++ usando a comunicação de dados MPI (Message Passing Interface), onde os tipos de agente são implementados como classes C ++ que estão associadas a contextos, que podem ser definidas como uma população de agentes e projeções e definem a estrutura da população contida em um contexto; D-Mason (CORDASCO et al., 2013), que é uma estrutura escrita em Java, a comunicação entre os agentes é realizada através do compartilhamento de canais entre os trabalhadores que compartilham informações; Pandora (RUBIO-CAMPILLO, 2014), uma estrutura desenvolvida em C ++, OpenMP (Open Multi-Processing) e MPI, em que os agentes são implementados como classes C ++ ou Python, bem como o ambiente em que os mesmos vivem; FLAME (COAKLEY et al., 2012), que permite a produção de código automático paralelo, é escrito em C, usa MPI para comunicação e os agentes são especificados usando uma extensão de XML mais C.

Macal e North (2013) distinguem várias abordagens para a construção de aplicações de SBA em termos de escala do *software* aplicados de acordo com: (i) Computador de mesa para desenvolvimento e aplicação – planilhas (Excel), ambientes de prototipagem dedicado baseado em agente (NetLogo, Repast, Symphony) e sistema geral de computação matemática (MATLAB, Mathematica); (ii) Ambiente em larga escala de desenvolvimento de agentes (Repast, Swarm, MASON, AnyLogic, Simio); e (iii) Linguagens de programação geral orientadas a objeto (Java, C ++, Python).

Para Wang *et al.* (2015), um alto grau de usabilidade e ampla aplicabilidade da MSBA resultou no desenvolvimento de uma série de pacotes dedicados de *software*, como os já listados anteriormente (MACAL e NORTH, 2013). Outros modeladores preferem codificar seu próprio modelo baseado em agentes, que é muitas vezes necessário para a implementação de modelos multiescala, como os cálculos para todas as escalas consideradas podem ser incluídos em uma linguagem de programação, com isso, os muitos pacotes possíveis permitem a versatilidade na implementação de um modelo baseado em agentes, onde cada modelador pode escolher a abordagem que eles estão mais confortáveis (WANG *et al.*, 2015).

Segundo Sakurada e Miyake (2009), os *softwares* mais referenciados na literatura científica para criação de ambientes e simulação de agentes são os *softwares* Repast® (Chicago University), o Swarm® (Santa Fé Institute), o AnyLogic® (The AnyLogic Company) e o NetLogo® (Uri Wilenski). O software AnyLogic®, em diferentes versões, foi utilizado nos trabalhos de Kittipittayakorn e Ying (2016), Li *et al.* (2016) e Anagnostou e Taylor (2017), destacando, respectivamente, que “esta é a única ferramenta de simulação que suporta todas as metodologias de simulação mais comuns, tais como sistemas dinâmicos e modelagem a eventos discretos e agentes, permitindo ao usuário capturar a complexidade e heterogeneidade de áreas como negócios, economia e social a qualquer nível de detalhe desejado”; “simplificou o processo de desenvolvimento do modelo e facilitou o uso de modelagem baseada em agentes em vários campos”; e “como a maioria dos pacotes de simulação suporta apenas uma única técnica de modelagem e simulação, atualmente apenas uma ferramenta de simulação comercial suporta modelagem com múltiplas técnicas.”

Em relação às publicações, a aplicação da SBA é feita nas mais diversas áreas, desde setores industriais a setores financeiros e de serviços, nas áreas de biologia, saúde até tecnologia, engenharia, nos modelos mais simples ao mais complexos. No Winter Simulation Conference, congresso americano que é realizado desde 1968 na área de simulação, alguns artigos encontrados sobre modelagem e simulação baseada em agentes, surgiram em 2000 com publicações sobre simulação utilizando *software* de agentes, os desafios a enfrentar em relação às necessidades de defesa e civis, e aplicação da SBA. Já em 2015, os temas relacionados ao método foram: aplicação, cuidados com a saúde (*healthcare*), metodologia, gerenciamento de cadeia de suprimentos, sistemas de transporte, simulação híbrida, além de artigos com agentes em outras áreas. Tudo isso mostra a evolução do tema e sua diversidade na aplicação nos diferentes campos de publicação (WSC ARCHIVE, 2016).

Para Li *et al.* (2016), as aplicações de SBA são muito mais comuns no estudo de doenças infecciosas (por exemplo, influenza, doenças sexualmente transmissíveis) do que doenças crônicas; e uma das razões é que as doenças infecciosas têm um caminho claro de transmissão da doença caracterizado por interações não-lineares, estocásticas e dinâmicas entre os seres humanos e o meio ambiente. Esses recursos interativos e complexos não podem ser capturados com modelos ou modelos estatísticos tradicionais baseados em equações diferenciais e, por isso, os mesmos autores utilizaram a SBA em sua pesquisa.

No trabalho de Nelson *et al.* (2016) são discutidos que os modelos baseados em agentes são uma classe de modelagem de computador que é útil para o estudo de sistemas dinâmicos complexos, tais como ambientes de prestação de cuidados de saúde, permitindo uma representação realista desses sistemas e fornecendo laboratórios baratos onde os tomadores de decisão podem conduzir a experimentação do tipo "se-não".

Em 2008, Jones e Evans (2008) criaram uma interface gráfica do usuário (GUI) em que a ferramenta de modelagem permite ao utilizador alterar 18 variáveis ao longo de uma gama de valores, e permite ao usuário especificar os recursos físicos disponíveis em seu departamento de emergência na forma do número de leitos (o número de unidades de triagem e registro é determinado a partir dos arquivos de entrada do usuário).

A finalidade do modelo de simulação baseada em agentes rico em dados é servir como um meio para facilitar processos de tomada de decisões estratégicas e, no espaço complexo do sistema de saúde, os tomadores de decisão podem, de maneira interativa e barata, eliminar abordagens infundadas antes de executar mudanças caras e focar apenas nas estratégias mais promissoras (YU *et al.*, 2016). Para isso, Yu *et al.* (2016) integraram vários conjuntos de dados de suporte e desenvolveram um ambiente de visualização interativa onde a dinâmica do mercado pode ser simulada, e os tomadores de decisão podem interagir com variáveis e configurações para resolver cenários de simulação, com capacidades destinadas a levar a um *brainstorming* significativo e melhores decisões em configurações de saúde.

O departamento de emergência, no trabalho desenvolvido por Liu *et al.* (2017), foi modelado como um modelo baseado em agentes espacial puro, que é formado inteiramente das regras que governam o comportamento dos agentes individuais que povoam o sistema e nenhum comportamento de nível superior foi modelado. Assim, o comportamento do sistema surge como resultado de ações e interações de nível micro e o modelo baseado em agente requer numerosos parâmetros para caracterizar o comportamento e características de cada um deles (LIU *et al.*, 2017). Os mesmos autores ainda discutem que os modelos de simulação baseados

em agentes abrangem inúmeros parâmetros independentes para descrever o comportamento individual dos componentes do sistema, e dados reais confiáveis e completos do sistema de destino são, obviamente, a pré-condição para a criação de um simulador preciso.

Para finalizar, Jalalimanesh *et al.* (2017) propuseram uma nova abordagem para otimizar o cálculo da dose em radioterapia, considerando fixar o cronograma de irradiação e variar o tamanho da fração durante o tratamento. A abordagem proposta pelos autores contém duas etapas: (i) desenvolveram uma simulação baseada em agentes de crescimento tumoral vascular baseada em evidências biológicas, considerando um modelo multiescala (foram observadas as escalas celular e subcelular) e também a heterogeneidade de difusão de oxigênio tumoral e também os efeitos da hipóxia de células cancerígenas na radioterapia; (ii) também foram modeladas diferentes radio sensibilidades de células relacionadas à fase do ciclo celular. Nesta pesquisa, foram simulados diferentes cenários de radioterapia utilizando o *software* NetLogo.

2.3 Usabilidade

Segundo Cassano-Piché *et al.* (2015), a disciplina de fatores humanos se dedica à aplicação do conhecimento sobre as habilidades e as limitações das pessoas relacionadas às tecnologias, aos processos e ao meio ambiente em que vivem e trabalham, visando sistemas mais seguros, mais intuitivos e robustos. Em muitos casos, os dispositivos médicos têm interfaces de usuário que são tão mal concebidas e difíceis de utilizar que se tornam propícias a erros humanos (ZHANG *et al.*, 2003). Além disso, fatores como o número de tecnologias presentes nas áreas de cuidados com o paciente, a complexidade dessas tecnologias e o avanço das mudanças tecnológicas (CASSANO-PICHÉ *et al.*, 2015), tornam importante o uso de técnicas de análise de fatores humanos.

O FDA lista alguns problemas relacionados à interação do usuário com a interface, como: complexidade da interface provoca confusão no usuário, atraso no uso ou incapacidade de utilizar o equipamento; torna difícil ao usuário a correção de erros de entrada de dados ou sua modificação; provoca no usuário uma sensação falsa de um problema grave, quando não o é, ou vice-versa; não sinaliza condições de perigo, quanto a utilização do equipamento ou *status* do paciente; não previne a entrada de dados errados (STORY, 2012). Em 2016, o FDA emitiu orientações sobre "Aplicando Fatores Humanos e Engenharia de Usabilidade para Dispositivos Médicos", que se concentra no desenvolvimento de novos produtos e não na venda de equipamentos sem estudos prévios de usabilidade, e definem o conteúdo de um relatório de engenharia de fatores humanos/engenharia de usabilidade e descreve técnicas que podem ser

aplicadas (por exemplo, inquérito contextual, entrevistas, análise de tarefas, análise heurística, *walkthrough* cognitivo e teste de uso simulado) (VINCENT e BLANDFORD, 2017).

Com o aumento da complexidade da tecnologia na área de saúde, a compra de novos equipamentos torna a usabilidade um importante critério de seleção, e desde dezembro de 2015, a ANVISA tornou mandatória a norma colateral de usabilidade para os fabricantes de equipamentos médicos brasileiros, a ABNT NBR IEC 60601-1-6:2011 – Equipamento Eletromédico, que cita a norma NBR IEC 62366:2010, que deve ser seguida pelos fabricantes (ABNT, 2010), o que reforça a abordagem feita por esta pesquisa. Esta última norma foi revisada em 2016 e tem o nome de NBR IEC 62366:2016 - Produtos para a saúde - Aplicação da engenharia de usabilidade a produtos para a saúde.

O que torna um produto ou serviço utilizável? Usabilidade é uma qualidade que muitos produtos possuem, mas que em muitos ainda falta (RUBIN e CHISNELL, 2008). As métricas de usabilidade incluem medidas de eficiência, eficácia, capacidade cognitiva e facilidade no aprendizado, pois surgem do entendimento das necessidades dos usuários, usando métodos de *design* interativo, além de realizar testes apropriados, quando necessário (SALMAN *et al.*, 2015). Para Rubin e Chisnell (2008), existem cinco razões pelas quais os produtos são difíceis de usar:

- i. Para aqueles que atualmente trabalham na área de desenvolvimento de produto, como engenheiros, *designers* de interface do usuário, os comunicadores técnicos, especialistas em formação, ou gerentes nestas disciplinas, existem várias razões para o desenvolvimento de produtos e sistemas de difícil utilização;
- ii. Desenvolvimento centra-se na máquina ou no sistema;
- iii. Públicos-alvo mudam e se adaptam;
- iv. Concepção de produtos utilizáveis é difícil;
- v. Especialistas da equipe nem sempre trabalham de forma integrada, concepção e implementação nem sempre coincidem.

Liljegren (2006) relata que usabilidade não é uma única propriedade, mas uma combinação de muitas características diferentes e atributos. Também foi definida na norma ISO 9241-11 que a usabilidade “é a eficácia, a eficiência e a satisfação com que usuários especificados atingem objetivos definidos em ambientes particulares” (ISO, 1998). Em outras palavras, permitir que o usuário final alcance seus resultados e observe seus interesses em um contexto de utilização relevantes, reconhecendo os princípios de diálogo, listados e descritos na ISO 9241-11 (CHRIST-NEUMANN *et al.*, 2014).

Existem inúmeras técnicas para aferir a usabilidade, dentre elas tem-se a Análise Heurística, que é um tipo de inspeção de usabilidade, que se refere a técnicas em que os avaliadores examinam uma interface em busca de problemas de usabilidade; é considerado um método informal de inspeção, pois se baseia em heurísticas e no conhecimento e experiência dos avaliadores (ZHANG, 2003). Ainda segundo Zhang (2003), a Análise Heurística auxilia na avaliação, testando as interfaces com usuários reais e técnicas formais, como análise de tarefas, utilizando modelos e fórmulas para aferir a usabilidade.

Turner-Bowker *et al.* (2011) comentam que, embora a Análise Heurística baseada na revisão dos especialistas em usabilidade possa identificar eficientemente problemas de usabilidade para uma acessibilidade melhorada, ela pode não revelar todos os problemas potenciais que os usuários podem ter ao interagir com o sistema. O teste de usabilidade é frequentemente usado em combinação com testes heurísticos de especialistas, pois pode identificar problemas que de outra forma são impossíveis de detectar por avaliadores especialistas (que emulam usuários), independentemente de sua habilidade e experiência, garantindo a aplicação dos princípios básicos de projeto e avalia a plataforma de pesquisa e tecnologia para o *design* da interface, elementos de navegação, acessibilidade e preferências do usuário, por exemplo (TURNER-BOWKER *et al.*, 2011).

Segundo Rubin e Chisnell (2008), existem métodos habituais e confiáveis para avaliar onde o *design* contribui para a usabilidade e onde isso não acontece, e para julgar as alterações a fazer no *design* para aferir se um produto pode ser útil o suficiente para sobreviver ou até mesmo prosperar no mercado. Davids *et al.* (2014) afirmaram que testes de usabilidade devem incluir o estudo de medidas objetivas adquiridas ao se observar a interação dos usuários com o sistema que está sendo testado.

Liljegren (2006) diz que o Teste de Usabilidade é recomendado como primeiro método em avaliações de usabilidade em hospitais, pois satisfazem os seus critérios e enumeram os aspectos relacionados a ‘dificuldade em cometer erros’.

Existem três métodos de inspeção de usabilidade diferentes na literatura relevantes: Inquérito, Inspeção e Teste de Usabilidade, este último envolve autênticos usuários e tarefas, em que estes são observados, enquanto tentam concluir seus exercícios, e os problemas de usabilidade do sistema são determinados pela interação dos usuários com ele (TÜZÜN, TELLI e ALIR, 2016).

Para Barnum (2010), os testes de usabilidade tradicionais baseiam-se nas práticas de projeto experimental, e como era comumente praticado desde os seus primórdios até bem na década de

1990, foi um processo formal, empregando os métodos de concepção experimental. A mesma autora documenta que, como tal, era caro, demorado e rigoroso, por isso laboratórios, onde tais testes foram conduzidos, foram gerenciados por especialistas em usabilidade que normalmente tinham educação e treinamento como cientistas cognitivos, psicólogos experimentais ou engenheiros de fatores humanos. Como os testes foram vistos como experiências de pesquisa, eles normalmente exigiam de 30 a 50 indivíduos de teste, no entanto, no início da década de 1990, alguns estudos mostraram que um teste eficaz poderia ser feito com números menores (BARNUM, 2010). A autora ainda comenta que Jakob Nielsen e seu colega Tom Landauer, ambos pesquisadores de fatores humanos que eram bem versados no método de *design* experimental para estudos de usabilidade, estavam procurando uma maneira mais rápida de obter resultados.

Pelayo e Ong (2015) observam que, apesar da crescente conscientização da importância de Fatores Humanos e Ergonômicos (FHE) na concepção de sistemas de informação tecnológica na área de saúde, a aplicação do FHE nos cuidados de saúde permanece "na sua infância". Embora o primeiro estudo relatado de FHE em cuidados de saúde remonta várias décadas (SAFREN e CHAPANIS, 1960), intervenções nessa área ainda estão longe de ser sistematicamente realizadas ou, na melhor das hipóteses, a sua adoção e utilização são incompletas; métodos para incorporar princípios de *design* FHE em ambientes clínicos, e seu impacto sobre a segurança do paciente, permanecem subestudados (PELAYO e ONG, 2015). Nielsen (1994) define que a inspeção de usabilidade é o nome genérico para um conjunto de métodos que são todos baseados em ter avaliadores inspecionando uma interface para encontrar problemas de usabilidade em um projeto, como a Análise Heurística por exemplo.

Choi e Bakken (2010) definem que os testes de usabilidade são uma maneira de garantir que sistemas interativos, como simuladores, *websites*, interface homem-máquina, sejam adaptados aos usuários e suas tarefas e que seu uso não tenha resultados negativos. O Teste de Usabilidade envolve a medição do desempenho dos usuários finais que realizam tarefas típicas em condições laboratoriais controladas, com o objetivo deste passo fundamental no processo de projeto centrado no usuário é obter dados diretos de desempenho para avaliar um sistema ou produto em termos de usabilidade, como eficiência, evitar erros, satisfação e aprendizado (CHOI e BAKKEN, 2010).

Para Dexheimer *et al.* (2017), os testes de usabilidade realizados com usuários reais no início do processo de desenvolvimento têm sido mostrados para descobrir potenciais problemas relacionados com o mal *design* de uma interface que pode ser modificado para melhor atender

às necessidades dos usuários. Os mesmos autores enfatizam que estes testes facilitam a descoberta de erros do sistema e lacunas potenciais no uso eficiente, eficaz e satisfatória de tais como questões relacionadas com mal desenvolvimento de uma interface, sendo que a eficácia é tipicamente medida por taxas de erro, eficiência por tempos de conclusão da tarefa e satisfação usando pesquisas subjetivas.

Segundo Almenara *et al.* (2017), os testes de usabilidade são usados para coletar dados empíricos observando usuários para melhorar a facilidade de uso, aprendizado, eficiência, memorização, erros e satisfação, durabilidade e segurança. Eles também são úteis para identificar problemas com dispositivos existentes, mesmo com um número baixo de contextos, os dados de um Teste de Usabilidade podem ser recolhidos de uma variedade de modos (entrevistas pós-tarefa, questionários, opiniões de usuários informais, etc.), além de existirem muitos benefícios se os utilizadores finais estiverem envolvidos no desenvolvimento do dispositivo (os níveis de eficiência mais elevados e os utilizadores estão mais satisfeitos) (ALMENARA *et al.*, 2017).

Para Martins (2016), um Teste de Usabilidade possui a seguinte estrutura proposta por Cassano-Piché *et al.* (2015):

- i. Identificação de tarefas e definição do grupo de usuários. De acordo com Turner-Bowker *et al.* (2011), em relação a identificação de tarefas e definição do grupo de usuários, através da observação sistemática, os erros e áreas de melhoria podem ser descobertos observando-se como os usuários do teste realizam as tarefas identificadas, a precisão do uso do produto, o que uma pessoa se lembra após o uso e a resposta emocional da pessoa.
- ii. Cenário em que o teste (simulação) é realizado. Para realizar avaliações de usabilidade de *Health Information Technology* (HIT) com os usuários, os pesquisadores estão cada vez mais usando a simulação médica para padronizar cenários clínicos, simular cenários específicos e coletar métricas de usabilidade, já que essas tarefas são difíceis, senão impossíveis de realizar no ambiente clínico.
- iii. Roteiro e Introdução ao participante. Um estudo de usabilidade consiste em um protocolo ou roteiro capaz de ajudar na condução do teste pelo avaliador e para testar características como utilidade, quão efetivo ou eficiente é o teste e a satisfação do usuário (ARAKAWA, 2016).
- iv. Treinamento. Durante os testes de usabilidade, o treinamento pode conter uma entrevista estruturada (TURNER-BOWKER *et al.*, 2011), sessões de simulação de

baixa a alta fidelidade (2.1. Ensino baseado em Simulação), entre outras técnicas em que informações são colhidas sobre o que está sendo testado/treinado.

- v. Questionários. Estes são utilizados, antes e/ou depois do treinamento, com perguntas abertas e fechadas resultando em dados qualitativos e quantitativos para análise posterior do (s) avaliador (es) (LI *et al.*, 2013; CARAYON *et al.*, 2015; ALMENARA *et al.*, 2017; DEXHEIMER *et al.*, 2017).
- vi. Ferramenta de documentação dos dados. Além dos questionários que também são ferramentas de documentação, também são utilizadas câmeras para gravação, computadores, *tablets*, gravadores, etc. (TURNER-BOWKER *et al.*, 2011; PRESS *et al.*, 2015; ALMENARA *et al.*, 2017; DEXHEIMER *et al.*, 2017).
- vii. Preparação do espaço para o teste. Landman *et al.* (2014) dizem que vários grupos de pesquisa criaram laboratórios de usabilidade de alto impacto tecnológico para realizar avaliações de usabilidade. Mas estes espaços podem ser desde os mais reais possíveis até os mais simples, desde que siga uma estrutura definida para um Teste de Usabilidade.
- viii. Customização da tecnologia. Vários autores relatam o desenvolvimento de produtos, ferramentas, simulações para que suas pesquisas sejam avaliadas pelos usuários finais (CARAYON *et al.*, 2015; ARAKAWA, 2016; DEXHEIMER *et al.*, 2017). Para isso, a tecnologia deve se adaptar a situação da pesquisa realizada.
- ix. Teste piloto. Rubin e Chisnell (2008) definem que o foco de um teste piloto deve estar na certificação de que os materiais são claros e compreensíveis, que o *design* do teste é sólido, que não se esqueceu nenhuma tarefa importante e que o *hardware*, o *software* e a documentação estão em ordem e prontos para testes.
- x. Recrutamento dos participantes. Nesta última parte, os participantes devem ser identificados através de características específicas e variabilidade, de acordo com o teste, além de recrutá-los através de *e-mails*, redes sociais, local de estudo como hospitais e universidades, propaganda, e em seguida escolher quais farão estes testes (RUBIN e CHISNELL, 2008).

Um componente essencial na concepção efetiva de sistemas homem-computador é a medida das percepções subjetivas do usuário e preferências de usabilidade de um sistema ou produto (DUFFY, 2008). Três áreas principais de medidas subjetivas em pesquisa de Interface Homem-Computador (IHC) em usabilidade são: (1) satisfação (a experiência do usuário e atitude para com o sistema ou produto), (2) eficácia (o nível de compreensão e percepção do resultado), e

(3) dificuldade da tarefa (a duração, a carga de trabalho mental e eficiência em completar as tarefas) (HORNBAEK, 2006; ISO, 1998).

No Teste de Usabilidade, a satisfação, que inclui conforto, preferência, facilidade de uso e atitude, é mais frequentemente medida através de questionários de autorrelato, e dependendo do tipo e características da medida, estes questionários são mais comumente apresentados sob a forma de cinco, sete ou nove pontos na escala de Likert (medidas ordinais), escala analógica visual (EAV, para medidas contínuas), questionários bipolares (para medidas dicotômicas ou contínuas), ordem de classificação (de preferência), ou uma combinação dos anteriores (HELANDER, LANDAUER e PRABHU, 1992; KROEMER e GRANDJEAN, 1997; HORNBAEK, 2006; DUFFY, 2008).

A eficácia é frequentemente avaliada por questionários autoadministrados abertos e fechados e/ou do tipo da escala Likert, na percepção do usuário de compreensão e de resultado (MCLOONE, HEGG e JOHNSON, 2004). Para Duffy (2008), a dificuldade da tarefa, que inclui o esforço, os padrões de uso e a duração da carga de trabalho, pode ser medida através de questionários autoadministrados nas várias formas de escalas do tipo Likert ou Escala Visual Analógica que avaliam a experiência subjetiva dos usuários em relação a duração, a percepção da dificuldade da tarefa e a carga de trabalho mental. É importante que os procedimentos de escala e correção sejam usados para garantir resultados significativos (DUFFY, 2008; BORG, 1998).

Outra maneira de avaliar essas três áreas principais de medidas subjetivas é utilizar a técnica de *Think Aloud* (pensar alto) durante os testes. A metodologia de "pensar em voz alta" envolve o entrevistador pedindo aos participantes que verbalizem seus pensamentos ao interagir com a ferramenta ou sistema que está sendo testado (TIMMINGS *et al.*, 2016). Como na pesquisa de Nagykaldis *et al.* (2014), as sessões são gravadas em áudio e vídeo digitalmente com uma câmera de alta resolução e posicionada para que o participante e o sistema/produto apareçam.

Em um Teste de Usabilidade, a análise de dados coletados através dos questionários, dos vídeos pode ser feita de forma quantitativa, qualitativa ou utilizando as duas formas. Numa revisão sistemática feita por Carayon *et al.* (2015), verificou-se que vários estudos paralelos convergentes coletaram dados qualitativos e quantitativos para avaliar a usabilidade e utilidade de tecnologias, como recursos de ponto de atendimento para clínicos, um suporte de decisão clínica para a tela de problemas de saúde mental em atenção primária e um site para pacientes com câncer. Nesta revisão, os autores observaram que as pesquisas envolveram uma ampla

gama de métodos de coleta de dados qualitativos e quantitativos (por exemplo, entrevista, mensagens de e-mail, pesquisas, questionários, vídeos, etc.).

Na análise de dados qualitativos e quantitativos podem aparecer contrastes nas respostas dos participantes, como o relatado no trabalho de Morita e Cafazzo (2016). O Paradoxo da Preferência *versus* Performance, no exemplo deste trabalho, descreve que em um Teste de Usabilidade de uma nova interface com enfermeiras, muitas acharam que o novo mecanismo do *mouse (scroll wheel)* era interessante, mas ao serem testadas, tiveram dificuldades na sua utilização, concluindo que pode existir uma desconexão nos dados durante análise.

Levando em consideração o modo de escolha dos participantes para os testes, a variabilidade é importante nesse processo.

Nas pesquisas de Shore *et al.* (2016) e Waterman *et al.* (2016), os participantes foram escolhidos de forma aleatória para a realização dos testes. Esta aleatoriedade pode ser feita através de ferramentas computacionais como o *Design of Experiments – DoE* (Projeto e Análise de Experimentos) que, segundo Montgomery (2005), é o processo de planejamento dos experimentos para coletar dados e analisá-los com métodos estatísticos, com resultados válidos e objetivos. De acordo com o mesmo autor, a técnica é utilizada para aperfeiçoar as características de qualidade dos produtos e processos de fabricação, reduzir o número de testes e otimizar o uso de recursos de uma empresa (SILVA, 2016).

As recentes publicações na área de usabilidade apresentam a junção destes testes na avaliação das ferramentas de ensino/treinamento com simulação ou parte da análise de modelagem e simulação baseada em agentes. Na sequência, são apresentadas algumas publicações com estas junções.

Na medicina de emergência pré-hospitalar, especialmente no ambiente de serviços de emergência de helicópteros, os erros podem resultar em lesões graves ou morte para o paciente e a tripulação. Fatores humanos são responsáveis pela maioria desses eventos desfavoráveis. O treinamento baseado em simulações demonstrou ser eficaz na formação de pessoas para gerenciar situações médicas complexas, reduzindo erros e, em última instância, melhorando a segurança do paciente e da equipe (PIETSCH *et al.*, 2016).

Segundo Winters (2013), do Manual de *Design* em Tecnologia Educacional, para se fazer uso apropriado das tecnologias de aprendizagem na formação médica, um foco mais significativo precisa ser colocado nas metodologias de desenvolvimento e *design* de aprendizagem. Este raciocínio desencadeia pensamentos sobre como o uso de sistemas de simuladores realmente afetam a segurança do paciente e podem ser abordados observando como a integração de fatores

humanos e aspectos ergonômicos (FHE) são sugeridos como um meio para melhorar a segurança do paciente, pois lida com as interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, a fim de lutar por um ajuste ótimo do sistema para o ser humano (PERSSON, 2017).

A doença de Parkinson afeta algumas pessoas, especialmente nos últimos anos de suas vidas. Sistemas que apoiam o ambiente em que vivem estes pacientes podem ampará-los nos estádios intermediários da doença. No entanto, estes sistemas geralmente precisam ser personalizados para cada paciente com a doença de Parkinson. Neste contexto, o trabalho atual segue os princípios de engenharia conduzidos por modelos para alcançar esse desenvolvimento personalizado. Cada paciente foi representado por um modelo e transformado em um modelo baseado em agentes. Além disso, engenheiros especialistas experimentaram a abordagem, implementando em sistemas reais e alguns destes foram testados por pacientes com Parkinson (GARCÍA-MAGARIÑO e PALACIOS-NAVARRO, 2016).

Os modelos de propagação de doenças computacionais podem ser amplamente classificados em modelos baseados em equações diferenciais e em modelos baseados em agentes. Ambos foram examinados no contexto de iluminar suas suposições ocultas e o impacto que elas podem ter sobre os resultados do modelo. Tirar conclusões relevantes sobre a usabilidade de um modelo requer informações confiáveis sobre sua estratégia de modelagem e seus pressupostos associados. Por isso, os autores apresentaram uma análise quantitativa de como a escolha de trajetórias de modelos e resolução temporal (modelos de eventos contínuos *versus* discretos), acoplamento entre agentes (interações instantâneas *versus* atrasadas) e o progresso de pacientes de um estágio da doença para o outro afetam os resultados globais da modelagem da propagação da doença (ÖZMEN *et al.*, 2016).

O período utilizado na busca de todos os artigos dessa revisão de literatura foi de 2006 em diante. Deve-se comentar que na pesquisa feita não foram encontrados trabalhos que utilizassem EBS com MSBA nesse período de busca anteriormente comentado. Da junção dos três temas aqui discutidos, foi encontrado um artigo que no texto contém algumas das palavras-chave pesquisadas durante a escrita da dissertação. O trabalho de Fiore e Wiltshire (2016) trata a tecnologia como parte integrante de uma equipe, examinando o papel do conhecimento externo no suporte dos processos cognitivos em equipes. Dois quadros são descritos que fornecem a base para o avanço dessa teoria e ajuda no desenvolvimento de medidas mais precisas para a compreensão da cognição da equipe através do foco em artefatos e as tecnologias que apoiam o seu desenvolvimento e uso. O principal objetivo é mostrar como a cognição da equipe pode ser mais claramente conceituada e mais precisamente medida através da integração

da teoria da engenharia cognitiva e as ciências cognitivas e organizacionais. Neste trabalho, as técnicas de simulação e fatores humanos aparecem como conhecimento externo no apoio ao conhecimento adquirido em equipe.

Após a apresentação dos temas, o próximo capítulo discute a metodologia e as ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Essa pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), segundo a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, e foi aprovada pelo CEP da Faculdade de Medicina de Itajubá (FMIIt) de número CAAE 59968416.0.0000.5559, sob o parecer 1.781.962 (Anexo 1).

3.1 Classificação da Pesquisa

Miguel *et al.* (2012) apresentam a classificação da pesquisa de acordo com objetivo, natureza, abordagem e método de desenvolvimento deste trabalho e apresentado na Figura 3.1.

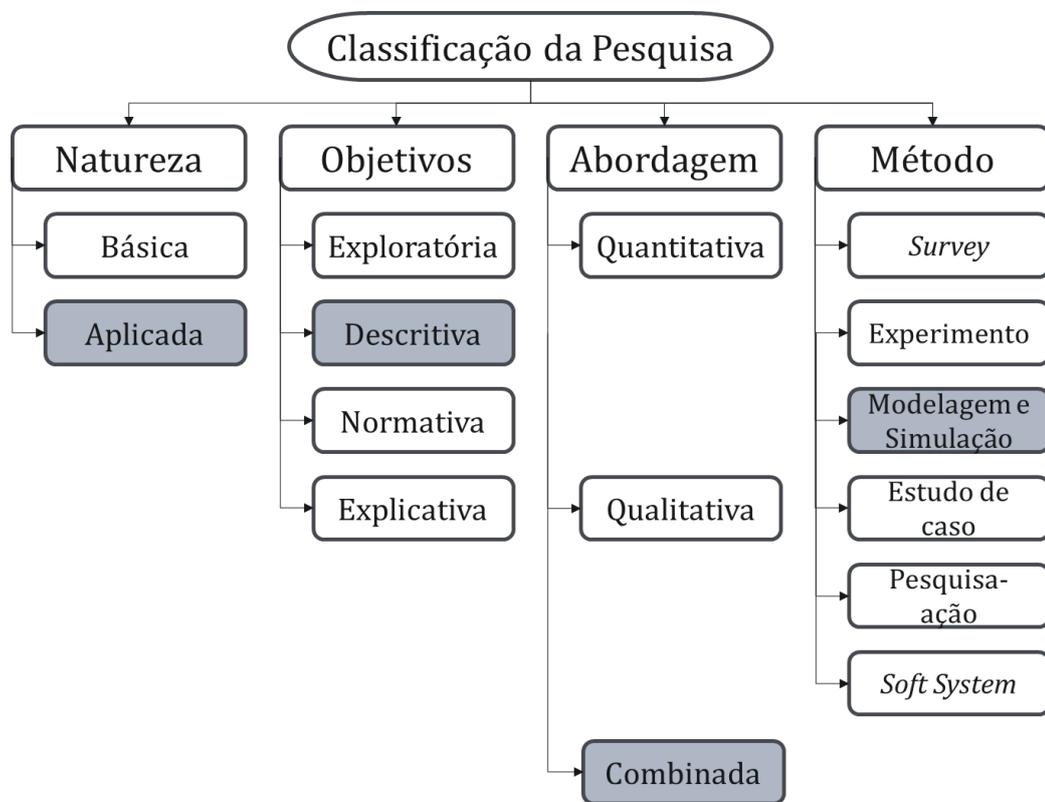


Figura 3.1 - Classificação da pesquisa

Fonte: Adaptado de Miguel *et al.* (2012) e Bertrand e Fransoo (2002)

A pesquisa é classificada como aplicada quanto a sua natureza, pois os resultados serão aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade, além do interesse de desenvolver novos processos orientados para as necessidades do mercado (APPOLINÁRIO, 2006).

Os objetivos da pesquisa, de acordo com Bertrand e Fransoo (2002), se caracterizam como descritivos porque delineiam e descrevem as características de determinado fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis, além de coletar os dados através de observação sistemática, manuais e questionário (ROCHA, 2014).

A abordagem da pesquisa é a combinada, mesmo que a estrutura do método seja Modelagem e Simulação, pois esta prevê a mensuração de variáveis pré-determinadas no delineamento do experimento – DoE (quantitativa) e a coleta de dados a partir da interação do pesquisador com os entrevistados e suas análises (qualitativa) (APPOLINÁRIO, 2006).

Segundo Bertrand e Fransoo (2002), a pesquisa fundamentada em modelos quantitativos baseia-se na suposição de que se pode construir modelos objetivos que explicam comportamentos dos processos operacionais reais, ou ainda que capture problemas de tomada de decisão enfrentados por gestores nestes processos. Os mesmos autores dividem os modelos quantitativos em pesquisas axiomáticas e empíricas, que ainda se classificam como descritivas ou normativas. Esta pesquisa é classificada em Empírica, pois existe a preocupação em assegurar que o modelo faz jus às observações e às ações da realidade e em Descritiva já que a preocupação principal é que o modelo descreva as relações causais existentes na realidade permitindo o entendimento do processo (BERTRAND e FRANSOO, 2002; NUNES, 2015).

3.2 Método de Pesquisa

O método que será seguido está expresso em Bertrand e Fransoo (2002), que foi comentado na seção 3.1 Classificação da Pesquisa.

O modelo apresentado na Figura 3.2 ilustra as quatro fases da pesquisa que são: conceitualização, modelagem, solução pelo modelo e implantação. Na primeira fase, cria-se o modelo conceitual considerando o problema/sistema, suas variáveis e o escopo. Na segunda, o modelo quantitativo é construído determinando as relações de causa entre variáveis. Na solução pelo modelo, geralmente a matemática é determinante nas análises realizadas. E na última fase, os resultados são implantados, podendo recomeçar o ciclo caso seja necessário (MARTINS, MELLO, TURRIONI, 2014).

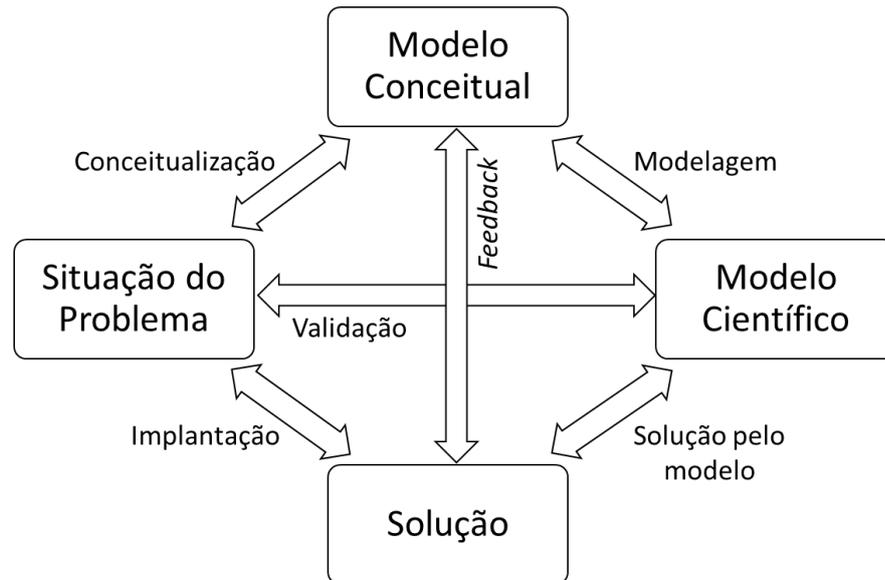


Figura 3.2 – Modelo de pesquisa para simulação

Fonte: Mitroff (1974) e Martins, Mello e Turrioni (2014)

Nesta pesquisa, de acordo com Bertrand e Fransoo (2002), a classificação é de um modelo empírico descritivo pois a modelagem e simulação seguem o ciclo conceitualização – modelagem e validação (Figura 3.3), que busca representar o objeto de estudo a partir de dados reais. Esta classificação, adaptada da Figura 3.2 Modelo de pesquisa para simulação, é mostrada na Figura 3.3 Modelo de pesquisa para simulação adaptado.

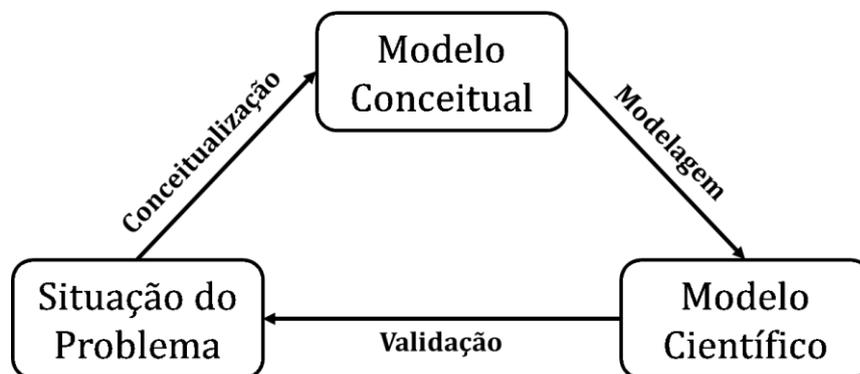


Figura 3.3 - Modelo de pesquisa para simulação adaptado

Fonte: Própria autora.

Este modelo se divide em três fases da pesquisa que são: conceitualização, modelagem e validação. A partir de uma questão que deverá ser respondida ao final do ciclo de pesquisa, as teorias para a construção do modelo conceitual são retiradas de material científico (manuais, artigos, livros) e construídas de acordo com o problema em questão. Com o modelo conceitual pronto, é feita a interpretação deste para a construção do modelo científico utilizando uma técnica de modelagem. Nesta pesquisa, foi utilizado o Protocolo ODD (Overview, Design Concepts and Details) (Figura 3.4).

Visão geral (<i>Overview</i>)	Propósito do modelo
	Variáveis de estado e escalas
	Visão geral do processo e agenda
Conceitos de desenvolvimento (<i>Design Concepts</i>)	Conceitos de desenvolvimento
Detalhes (<i>Details</i>)	Inicialização
	Entrada (<i>Input</i>)
	Submodelos

Figura 3.4 - Protocolo ODD

Fonte: Adaptado de Grimm *et al.* (2006).

O Protocolo ODD foi desenvolvido para descrever modelos de forma organizada, de fácil compreensão durante o desenvolvimento de projetos de modelagem e simulação de agentes de pesquisadores da área de ecologia, inicialmente (GRIMM *et al.*, 2006). Para isso, ele foi dividido em três áreas: visão geral, conceitos de desenvolvimento e detalhes. Visão geral e detalhes ainda foram subdivididos, respectivamente em: propósito do modelo, variáveis de estado e escalas, visão geral do processo e agenda, e inicialização, entrada, submodelos.

O modelo científico foi construído no *software* AnyLogic®, já referenciado na seção 2.2.2.

Na sequência do modelo de pesquisa, a fase de validação foi feita em duas etapas. Primeiro, o modelo científico foi validado conceitualmente (SARGENT, 2015) por dois especialistas: um engenheiro da empresa fabricante e uma especialista em usabilidade. Na sequência foi realizado um Teste de Usabilidade Piloto com uma especialista e duas usuárias representativas. Finalmente, foi realizado um Teste de Usabilidade com usuários finais que realizaram tarefas também demonstrativas para revelar a força da interatividade e oportunidades de melhoria do equipamento (WIKLUND, KENDLER e STROCHLIC, 2015).

3.3 Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o painel de controle (interface) de uma Incubadora Neonatal modelo Vision® Advanced 2286 (Figura 3.5) da empresa Fanem®, que é o modelo presente no Laboratório de Usabilidade e Fatores Humanos para Equipamento Médicos da Universidade Federal de Itajubá.



Figura 3.5 - Incubadora neonatal

Fonte: Manual da incubadora.

3.4 Representação esquemática da metodologia

A metodologia desta pesquisa está representada no esquema da Figura 3.6.

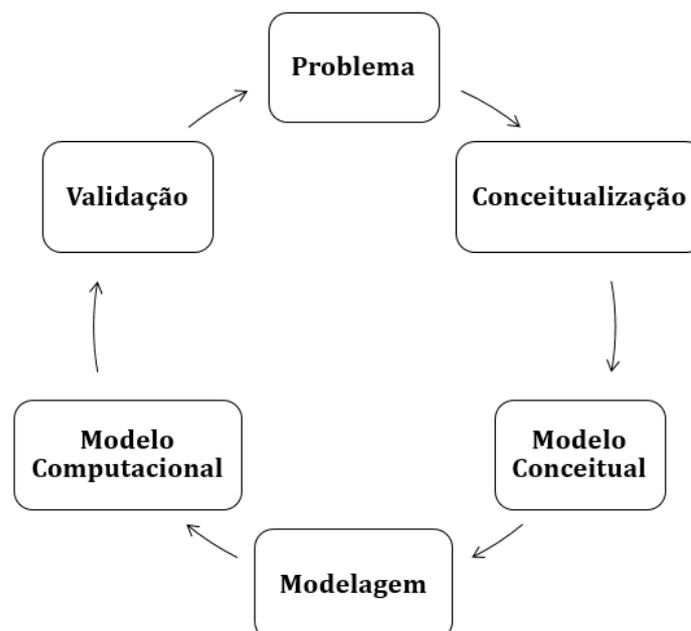


Figura 3.6 – Representação esquemática da metodologia

Fonte: Própria autora.

O problema representa a questão da pesquisa que será respondida ao final do ciclo, que neste caso é se existe a possibilidade de criar uma ferramenta de ensino baseado em simulação para capacitar, treinar profissionais da área da saúde. A criação dessa ferramenta é a reprodução de um painel de controle de um equipamento médico utilizando a simulação baseada em agentes para tal.

Na sequência, na fase de conceitualização, são coletados todos os dados necessários para desenvolvimento do modelo conceitual através de leitura de artigos, material específico do equipamento escolhido, treinamento e questionários. Depois dessa pesquisa realizada, foi criado o modelo conceitual utilizando ferramentas apropriadas como ODD e UML. O ODD guiou a criação do agente e a UML foi utilizada na criação dos diagramas de estado utilizados para traduzir a lógica das tarefas em linguagem apropriada.

A modelagem traduz os conceitos do primeiro modelo, o conceitual, em linguagem de *software*. No caso, as ferramentas utilizadas na construção do modelo conceitual são também apropriadas para transformação da ideia para a prática. O modelo científico ficou completo quando todos os elementos conceituais foram modelados no *software* e os mecanismos de funcionamento, as lógicas foram programadas para executar a simulação.

A última fase do ciclo, validação, foi realizada de três maneiras: primeiro, dois especialistas verificaram a lógica do modelo conceitual; depois foi realizado um teste-piloto com alguns usuários voluntários; e por último, foi feito um teste de usabilidade com usuários representativos do equipamento em uma UTIN de um hospital da região.

Caso o problema não tenha sido resolvido, o ciclo volta ao começo até que aquele seja respondido.

No Capítulo 4. Condução da pesquisa, todo este esquema foi detalhado, exceto a fase de validação que são os resultados e análises deste trabalho e que estão no capítulo 5.

4. CONDUÇÃO DA PESQUISA

4.1 Problema

As incubadoras neonatais foram primeiro utilizadas nos Estados Unidos na década de 1890, após o sucesso de protótipos desenvolvidos na Rússia na década de 1830 e França na década de 1890 (ANTONUCCI, PORCELLA e FANOS, 2009). Estes dispositivos, inspirados por incubadoras de aves e projetados para manter os recém-nascidos aquecidos, tiveram impacto significativo e, ao longo dos anos, adições e alterações no projeto básico aumentaram o efeito positivo sobre os resultados, contribuindo para uma redução drástica nas taxas de mortalidade de bebês prematuros (FERRIS e SHEPLEY, 2013).

Em ambientes de cuidados intensivos, a manipulação de equipamentos médicos, como uma incubadora neonatal, por enfermeiros e técnicos tem uma carga grande de responsabilidade ao tratar da vida de recém-nascidos prematuros. De acordo com o Emergency Care Research Institute, os maiores perigos estão relacionados a tecnologia e a sua manipulação (ECRI, 2015). Por isso, o ponto de partida desta pesquisa foi desenvolver uma ferramenta de treinamento para auxiliar os profissionais dessa área, especificamente, enfermeiros e técnicos de enfermagem da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal do Hospital das Clínicas Samuel Libânio - HCSL, situado em Pouso Alegre, no sul do estado de Minas Gerais.

A maneira encontrada de amenizar este problema (falta de treinamento) foi criar um simulador que reproduz o painel de controle de uma incubadora neonatal, através da modelagem e simulação baseada em agentes. Este simulador pode integrar desde a grade de um curso técnico específico até complementar o treinamento, em hospitais, dado por fabricantes deste equipamento, como exemplos.

Uma barreira encontrada em modelos computacionais para aprendizado é a dificuldade de reproduzi-los, pois a modelagem pode ser lenta e tediosa, além de envolver uma fusão de especialistas em programação e no assunto (TOWNE, JONG e SPADA, 2012). Esta questão foi resolvida ao se criar um modelo de simulação baseada em agentes, já que este tipo de modelagem permite a criação de situações de configuração do painel de controle através de diagramas de estado (apresentados na seção 4.3) e o *software* de simulação AnyLogic® oferece uma infinidade de ferramentas para a reprodução desta interface com seus respectivos mecanismos.

4.2 Conceitualização

O modelo conceitual foi desenvolvido de acordo com o procedimento detalhado a seguir:

1. Leitura do Manual do Usuário da Incubadora Neonatal Modelo Vision® Advanced 2286 (FANEM, 2012);
2. Criação de um questionário (Apêndice A) para colher informações sobre o uso da incubadora com funcionários do Centro de Terapia Intensiva Neonatal do Hospital Escola de Itajubá. Esta foi uma primeira investigação que também foi aplicada no HCSL posteriormente;
3. Visita técnica a fábrica da Fanem® (Guarulhos – SP). Nesta visita foi decidido que para o treinamento de usuários do equipamento médico, o simulador devia conter tarefas de configuração do painel de controle parecidas as atividades realizadas diariamente;
4. Contato com a empresa para fornecimento das imagens de algumas telas e dos sons do alarme da incubadora para análise e construção do modelo científico.

Com a coleta de dados realizada, era necessário transformar esse aprendizado e de uma forma organizada em informações capazes de ajudar na construção no modelo conceitual. O protocolo ODD foi a metodologia utilizada para essa tarefa.

Na conceitualização é detalhado a Visão Geral do protocolo de acordo com suas subdivisões (GRIMM *et al.*, 2006).

O Propósito do modelo foi representar o painel de controle de uma incubadora neonatal em um computador (*desktop, laptop, tablet*) com tela sensível ao toque, por se aproximar mais do modo operatório do próprio painel de controle do equipamento, para treinamento dos seus usuários. O painel de controle, por ser um *software* criado pela empresa fabricante, foi a parte do equipamento capaz de reprodução no *software* AnyLogic® já que a sua interface foi representada por figuras e seu mecanismo reproduzido através de tarefas no agente simulador.

As variáveis de estado foram a temperatura e a umidade provenientes do microclima (ambiente) da incubadora, estruturadas no modelo construído cujo ambiente é a interface (simulador) do painel de controle reproduzido. Estas variáveis foram escolhidas porque são aquelas utilizadas pelos usuários para controlar o ambiente onde o recém-nascido se encontra. As informações foram retiradas do primeiro questionário (Apêndice A) feito para conhecer e avaliar como enfermeiros, técnicos de enfermagem, médicos e fisioterapeutas usam uma incubadora neonatal.

A visão geral do modelo foi criada através do desenvolvimento do modelo conceitual que tentou recriar a lógica de funcionamento da incubadora neonatal ao se programar tais variáveis de estado do microclima. Para isso foi criado o agente chamado “Simulador” que contém tarefas que são realizadas ao se configurar um painel de controle (interface) de uma incubadora neonatal. Essas tarefas foram criadas a partir de situações que os usuários mais modificam as variáveis do microclima, como aumentar ou diminuir a temperatura e a umidade dependendo da situação do recém-nascido em casos de febre, por exemplo, ou quando a incubadora será utilizada por outro paciente e precisa ter seus valores reconfigurados para atendê-lo.

O agente será o mecanismo de funcionamento do painel de controle, apresentado na seção 4.5 Modelo Científico, o qual será visto pelo participante do teste durante a simulação. O agente teve sua lógica representada através de tarefas construídas com diagramas de estado. Estes são apresentados na próxima seção, 4.3 Modelo Conceitual, pois nesta parte a conceitualização e o modelo conceitual se fundem dentro do protocolo ODD.

Na parte Conceitos de Desenvolvimento deste protocolo, para transformar o modelo conceitual em um modelo científico, foram utilizados os seguintes conceitos:

- *Aparecimento (emergence)*: em relação ao indivíduo (usuário), as mudanças ocorrem nos parâmetros de uso da incubadora neonatal. No que diz respeito ao ambiente, as variáveis (parâmetros) modificadas são a temperatura e a umidade do microclima;
- *Percepção*: o simulador percebe as variáveis do microclima. Por exemplo, se a temperatura ou umidade estão fora dos valores inicialmente programados, o alarme pode soar em resposta à situação.
- *Estocasticidade*: está na probabilidade de ocorrência das situações (tarefas) criadas para configuração do simulador, pois as tarefas, após o estado Configurar Monitor (Figura 4.2), são aleatórias.
- *Coleta de dados*: como dito anteriormente, a coleta de dados para construção dos modelos foi realizada com informações do manual do usuário da incubadora, do questionário e do treinamento na fábrica.

O protocolo ODD tem os detalhes do modelo apresentados na fase modelagem (seção 4.4) mostrando a aparência da interface e escolha dos valores das variáveis de estado.

4.3 Modelo Conceitual

Aqui são apresentados os diagramas de estado citados na visão geral do protocolo ODD da seção 4.2 que foram construídos para o modelo conceitual. As Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 detalham os diagramas que mostram uma visão geral da lógica do simulador baseado nas tarefas e aquelas que foram criadas para configuração do painel de controle (simulador), baseadas nas informações estudadas.

As tarefas foram criadas para representar as situações mais citadas como resposta a esta pergunta do questionário do Apêndice A: “Existem situações que acontecem com o recém-nascido que podem ser controladas diretamente no painel de controle da incubadora? Se sim, quais são elas (exemplos)?”. A maioria respondeu que controlavam a temperatura e a umidade do microclima em situações de febre do paciente. E durante o treinamento e observação da pesquisadora no hospital, verificou-se que a incubadora neonatal é configurada ao se iniciar o equipamento e durante a troca de pacientes. Por estas razões, as tarefas criadas foram ‘configurar o monitor’, ‘febre temperatura’, ‘febre umidade’ e ‘microclima’. Todas são apresentadas nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3.

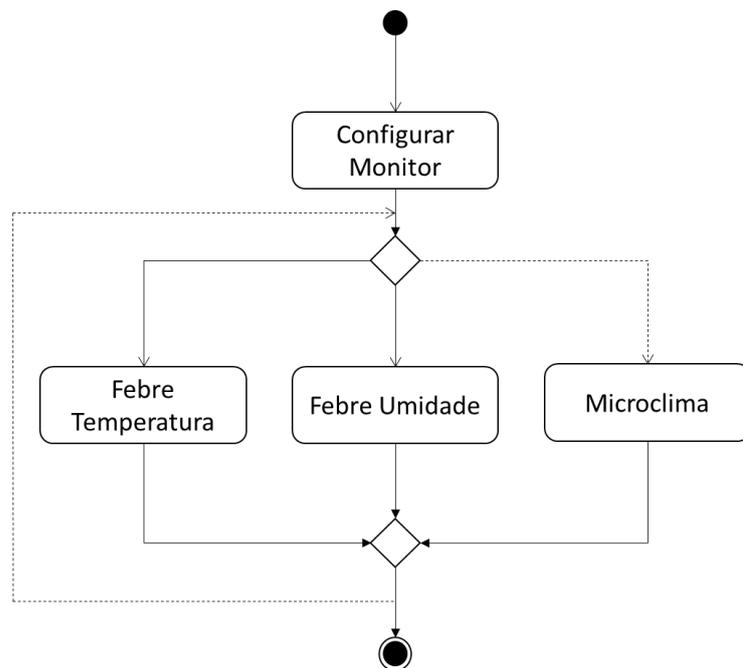


Figura 4.1 - Lógica do Agente Simulador

Fonte: Própria autora.

A Figura 4.1 apresenta a lógica do agente Simulador que, partindo do início, foi dividido em uma tarefa obrigatória ‘configurar monitor’, que representa o equipamento sendo ligado e adaptado

a um paciente, e em duas tarefas aleatórias escolhidas entre as opções ‘febre temperatura’, ‘febre umidade’ e ‘microclima’. Após a conclusão destas, a simulação é encerrada.

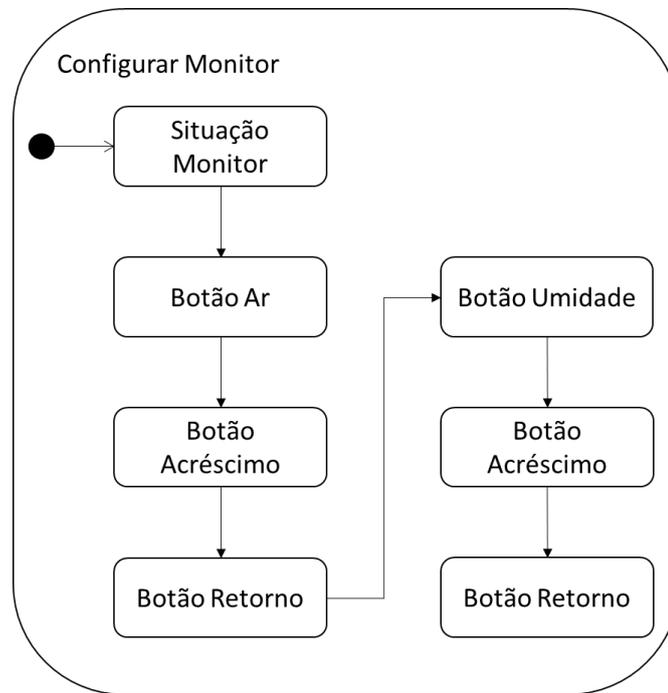


Figura 4.2 - Detalhes da primeira tarefa de configuração do painel de controle

Fonte: Própria autora.

A Figura 4.2 detalha o que se espera do usuário ao configurar o equipamento após a inicialização. O usuário deve aumentar a temperatura e a umidade do ambiente. A ordem de execução não reflete necessariamente a realidade pois o usuário pode mudar primeiro a umidade (Botão Umidade) e não a temperatura (Botão Ar), por exemplo. As setas do diagrama foram mantidas para efeitos lógicos e de construção do modelo.

As tarefas aleatórias são mostradas em detalhes na Figura 4.3. A primeira tarefa ‘febre temperatura’ apresenta uma situação em que a temperatura do ambiente está alta e deve ser abaixada. A segunda, ‘febre umidade’, indica que a umidade está alta provocando a febre no paciente e por isso também deve ser diminuída. A terceira, ‘microclima’, mostra o que se espera do usuário para reconfigurar as variáveis do microclima na troca de um paciente por outro. Lembrando que as setas foram utilizadas para construir a lógica das tarefas.

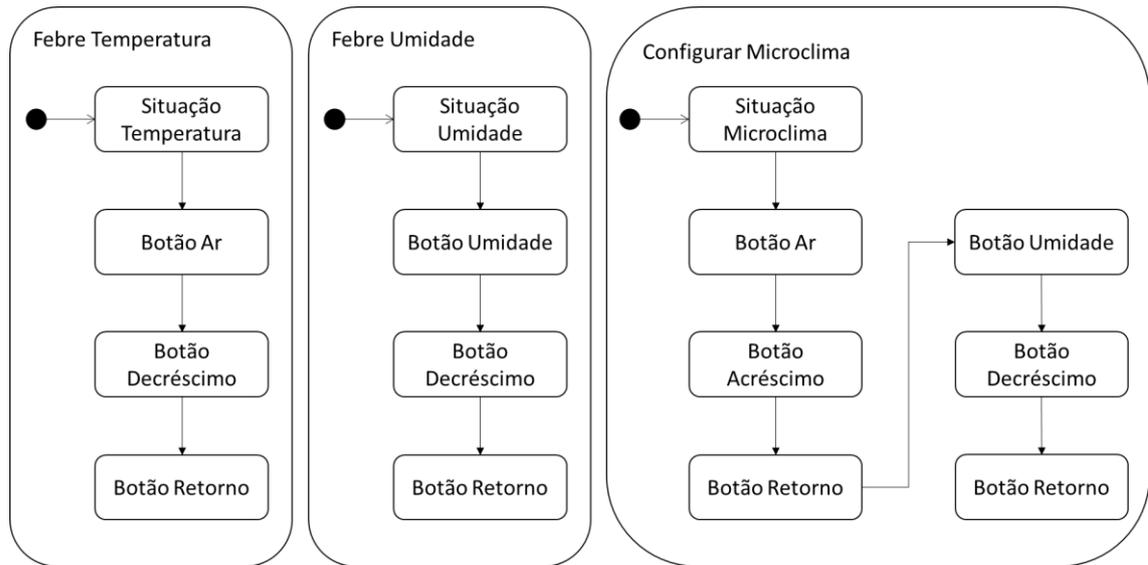


Figura 4.3 - Detalhes das tarefas aleatórias de configuração do painel de controle

Fonte: Própria autora.

4.4 Modelagem

A modelagem apresenta os detalhes do modelo científico, como a inicialização do modelo e as variáveis de entrada, quais são seus valores. A inicialização da simulação acontece com a execução da primeira tarefa, que é a configuração do monitor. Em relação as variáveis temperatura e umidade, elas são inicializadas com os valores de 32°C (temperatura Ar), 30°C (temperatura Pele) e 40% (umidade). Estes valores foram escolhidos durante o treinamento sobre o equipamento na fábrica da Fanem® e com o aval da enfermeira que o conduziu e que trabalha na empresa. A Figura 4.4 apresenta a tela inicial com os valores citados anteriormente.

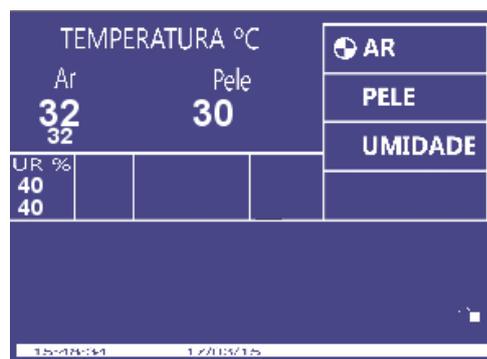


Figura 4.4 - Tela principal do simulador

Fonte: Fanem®.

4.5 Modelo Científico

A construção do modelo científico foi feita no *software* AnyLogic® versão *Personal Learning* 7.2.0 (disponível gratuitamente no site do *software*), escolha esta justificada nos itens 2.2 e 3.2 desta dissertação. Além disso, o *software* possui muitas ferramentas que facilitaram a construção do simulador, como será demonstrado mais à frente, e o aprendizado em linguagem de programação JAVA é o mínimo, dependendo do que é desenvolvido num projeto de simulação.

Na criação do modelo no AnyLogic® foi necessário pensar no que apareceria na interface do simulador na tela *main* do AnyLogic®. Em seguida foi colocada a imagem do painel de controle da incubadora neonatal (todas as imagens foram cedidas pela Fanem®) e ajustada ao tamanho da tela do computador utilizado.

A partir da análise dos itens necessários para que o painel de controle funcionasse normalmente como proposto neste trabalho, estes são apresentados a seguir através dos elementos utilizados no *software*:

- *Agente (Agent)*: o agente neste caso é o simulador que possui tarefas de configuração do painel de controle representadas através de diagramas de estado.



Figura 4.5 - Representação computacional do Agente no AnyLogic®

- *Evento (Event)*: o evento é o som do alarme, arquivo em mp3 cedido pela empresa com o som real de uma incubadora neonatal.



Figura 4.6 - Representação computacional do Evento no AnyLogic®

- *Variáveis (Variable)*: as variáveis utilizadas neste modelo representam as variáveis manipuladas (temperatura e umidade), variáveis dos botões (acréscimo, decréscimo e alarme) e variáveis das telas do painel de controle (principal, temperatura e umidade). As variáveis foram acionadas através dos comandos lógicos do agente e dos botões da interface. Os elementos Agente, Evento e Variáveis fazem parte da biblioteca Agente no AnyLogic®.



Figura 4.7 - Representação computacional de Variável no AnyLogic®

- Botão (*Button*): da biblioteca controles, os botões representam as funções de troca de telas no simulador, suspensão do som do alarme, aumento ou diminuição das variáveis e tarefa cumprida.



Figura 4.8 - Representação computacional do Botão no AnyLogic®

- Texto, Imagem e Retângulo (*Text, Image e Rectangle*): estes elementos da biblioteca de apresentação do *software* permitiram a inserção dos textos que aparecem na interface, das imagens das telas e da representação do alarme em imagem, respectivamente.

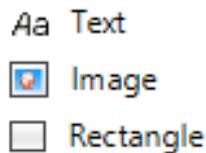


Figura 4.9 - Representação computacional de Texto, Imagem e Retângulo no AnyLogic®

- Diagrama de estado (*Statechart*): dessa biblioteca foram utilizados, para a construção do agente Simulador, os seguintes elementos: Início (*Statechart entry point*), Estado (*State*), Transição (*Transition*), *Branch*, Apontador inicial (*Initial State Pointer*), Estado Final (*Final State*). Em relação a Transição, foram utilizados dois tipos no diagrama de estado, a mensagem e a transição. Em ambas foi possível transmitir ações durante a execução da simulação.

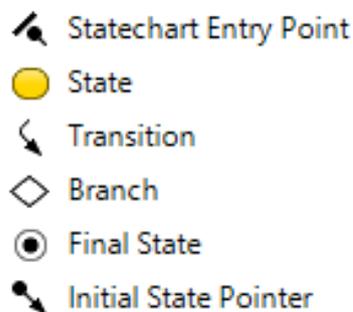


Figura 4.10 - Representação computacional dos elementos do Diagrama de Estado no AnyLogic®

Na sequência, o modelo conceitual (Figuras 4.2, 4.4 e 4.4), com a lógica de funcionamento do simulador (agente), foi transformado no modelo científico no AnyLogic®, dentro da aba agente. O agente simulador é o mecanismo do monitor para que o usuário possa configurar suas variáveis, umidade e temperatura. Além disso, o agente é responsável pela mudança das tarefas e disparo do alarme em situações específicas. Essa interpretação de dados do modelo conceitual para o computacional foi facilitada pela construção do primeiro em linguagem apropriada, o diagrama de estado.

Após a criação da interface e do agente, foi necessário fazer as conexões dos botões criados para manipular a interface com o agente (simulador). Para cada botão criado, algumas lógicas foram escritas para essa comunicação. Os códigos fonte para o funcionamento de cada botão são apresentados no Apêndice B.

Com a finalização do modelo científico, este mesmo foi testado e verificado algumas vezes pela aluna e também em testes piloto realizados com uma especialista em usabilidade e enfermeiras que tinham contato com o equipamento real, a incubadora neonatal. Essa verificação foi necessária para que os testes fossem feitos no hospital com os usuários escolhidos.

Uma ressalva deve ser feita ao botão “tarefa cumprida” (Figura 4.11) no modelo científico. À primeira vista, se o usuário fizesse a tarefa em uma sequência, como indicam os diagramas de estado conceituais da seção 4.3, ao final da última atividade, a simulação continuaria para a próxima tarefa do simulador. Mas como observado no teste piloto, cada participante pode realizar as atividades da tarefa em uma sequência diferente da pensada anteriormente.

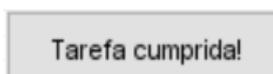


Figura 4.11 - Representação computacional do Botão “Tarefa cumprida!” no AnyLogic®

Devido a esta observação levantada, este botão foi adicionado para quando o usuário terminasse uma tarefa, o mesmo acionaria o botão e passaria para a tarefa seguinte e assim sucessivamente. O código fonte deste botão também está descrito no Apêndice B.

Após a apresentação de todos os detalhes para a construção deste simulador, a Figura 4.12 apresenta como o modelo conceitual foi reproduzido no agente Simulador, o início da simulação, suas tarefas e seu término. O agente, como já descrito anteriormente, funcionou como o mecanismo da simulação, ou seja, a lógica de trabalho do painel de controle. Para o acionamento do alarme, mudança da imagem das telas do painel de controle e das próprias variáveis, foi necessário o envio de mensagens entre o acionamento dos botões da interface

(Figura 4.13). Por este motivo também foram mantidas as setas e acrescentado o botão ‘tarefa cumprida’ para que o simulador funcionasse como um painel de controle real.

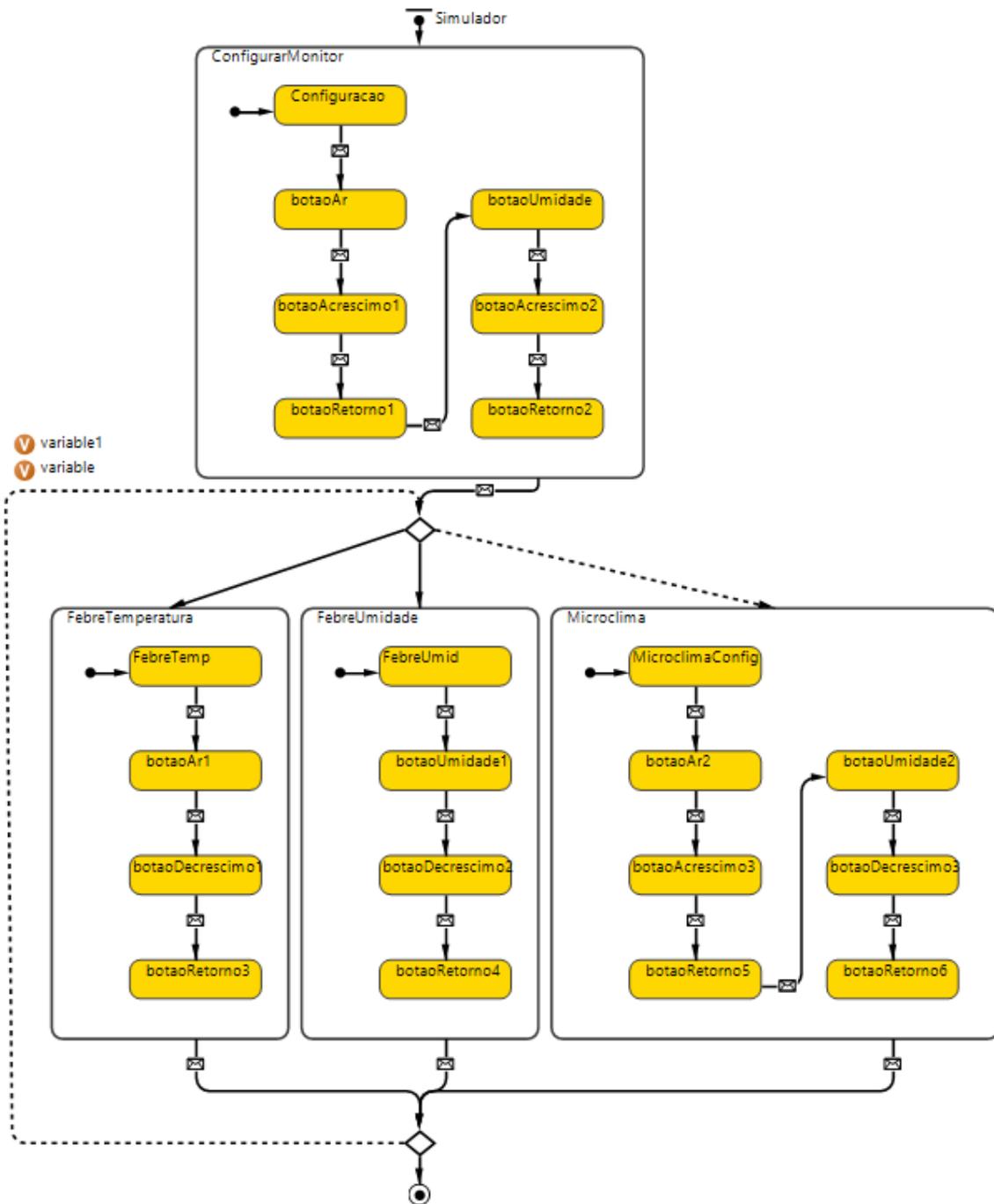


Figura 4.12 – Agente Simulador

Fonte: AnyLogic®.

A Figura 4.13 mostra os detalhes da tela *main* do software AnyLogic® com o painel de controle, textos, imagens, variáveis, evento e agente necessários para a criação da simulação e, também, a correspondência entre o agente e a interface. A Figura 4.14 apresenta a interface da incubadora neonatal com a imagem das primeiras informações visualizadas pelos participantes dos testes.

simulador

-  somAlarme
-  TelaTemperatura
-  TelaUmidade
-  TelaOxigenio
-  TelaPrincipalCompleta
-  Oxigenio
-  TempIncubad
-  TempAlvo
-  UmidadeIncub
-  UmidadeIncub1
-  ArAcrescimo
-  ArDecrescimo
-  UmidAcrescimo
-  UmidDecrescimo

Figura 4.13 – Tela *main* do simulador

Fonte: AnyLogic® e Fanem®.



Figura 4.14 – Painel de controle da incubadora simulado

Fonte: AnyLogic® e Fanem®.

4.6 Validação

De acordo com o que foi observado por Timm e Lorig (2015) na seção 2.2.1 Simulação Computacional, a validação e a verificação podem ser aplicadas ao modelo conceitual, ao simulado e aos resultados obtidos. Neste trabalho optou-se por validar os modelos e o simulador de maneiras diferentes, como observado pelos autores citados.

Começando pela validação do modelo conceitual que foi feita por dois especialistas, face a face, que, segundo Sargent (2009), ocorre quando indivíduos com conhecimento sobre o sistema são questionados se o modelo e/ou seu comportamento são semelhantes, como no caso, a lógica de funcionamento do simulador é parecida com a do painel de controle da incubadora neonatal.

O simulador teve seu funcionamento verificado através de um Teste de Usabilidade piloto com uma especialista em usabilidade e duas enfermeiras com experiência em UTI Neonatal e incubadoras. Este teste foi necessário para averiguar se todo o procedimento criado com base nos trabalhos de Martins (2016) e Cassano-Piché *et al.* (2015) funcionava com a interação da pesquisadora e do simulador com os participantes. Depois deste teste foi que se verificou a necessidade do botão “tarefa cumprida” observado na seção 4.5.

Para a realização do Teste de Usabilidade com os usuários foi necessária a construção da amostra de quantos participariam e, como esta precisa ser aleatória, foi feito o delineamento fatorial do experimento. Para colher os dados dos usuários, um questionário (Apêndice D) foi desenvolvido para antes do teste com o simulador e outro com afirmações que seriam avaliadas com a escala Likert e duas perguntas abertas para depois deste teste (Apêndice E). Além disso, os testes foram filmados para análise posterior.

O Teste de Usabilidade, tanto o piloto quanto o final, são descritos na seção 5. Resultados e Análises, lembrando que nestes testes, a análise de dados coletados através dos questionários, dos vídeos pode ser feita de forma quantitativa, qualitativa ou utilizando as duas formas, o que foi realizado neste trabalho, também para validá-lo.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

5.1 Teste de Usabilidade

Este Teste de Usabilidade, cujos resultados também validam e verificam este trabalho, começou com o cálculo da amostra de usuários entrevistados. Como já discutido na teoria, a aleatoriedade dos testes é importante e, por isso, a amostra foi gerada através de um delineamento fatorial de experimento (DoE) que, com informações do questionário feito previamente com enfermeiros e técnicos de enfermagem, dividido em três fatores de seleção de usuários (idade, tempo de trabalho na UTIN e turno), chegou-se ao número de 24 pessoas para a realização do Teste de Usabilidade.

Relembrando do item 3.2, da estrutura proposta por Cassano-Piché *et al.* (2015), de um Teste de Usabilidade, foi montado o roteiro do teste realizado no HCSL com os enfermeiros e técnicos da UTIN com as seguintes etapas (Figura 5.1): introdução, termo de consentimento, cenário, pré-questionário, teste (simulação), pós-avaliação. Todos os documentos utilizados nestas fases são apresentados do Apêndice C ao E.

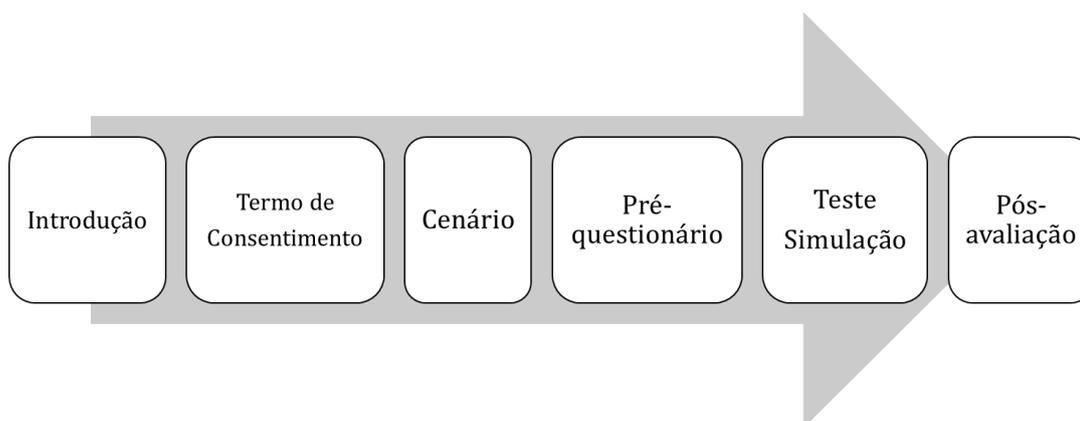


Figura 5.1 – Etapas do Teste de Usabilidade

Fonte: Própria autora.

O Teste de Usabilidade aconteceu em uma sala de reuniões da UTIN em que a pesquisadora apresentou seu estudo e explicou o cenário de execução das tarefas do simulador, no caso, ao término de um treinamento teórico sobre a incubadora neonatal, o participante teria a oportunidade de colocar seu aprendizado em prática em um simulador do painel de controle (monitor, interface) deste equipamento. As ferramentas utilizadas durante o teste foram um *notebook* com tela sensível ao toque (mais realismo ao teste) e um celular para filmar o participante durante a execução do teste (NAGYKALDI *et al.*, 2014; CARAYON *et al.*, 2015).

Na sequência, foi apresentado o termo de consentimento para que o participante o lesse e assinasse, lembrando-o que poderia desistir do teste a qualquer momento. Após a leitura e o preenchimento do termo, o questionário pré-teste foi entregue para obter informações pessoais e profissionais sobre o participante para análise posterior (GRISHAM *et al.*, 2016; ALMENARA *et al.*, 2017).

Anteriormente ao teste com o simulador, foi dito pela pesquisadora ao participante que este seria filmado e orientando-o que pensasse em voz alta (*Think aloud*) durante a execução das tarefas (TIMMINGS *et al.*, 2016). Este método é importante na fase de análise dos resultados para saber se o usuário tem dificuldades ou não ao executar as tarefas, uma vez que o pensamento não é observável. Durante o teste, em caso de dúvidas em relação às tarefas, a pesquisadora entregou, aos participantes, fichas (Figura 5.2) com valores dos parâmetros da (s) tarefa (s) executada (s).



Figura 5.2 - Fichas das tarefas

Fonte: Própria autora.

Ao finalizar o teste, foi entregue um questionário para avaliação que foi feita pelo participante com afirmações relacionadas ao monitor, ao treinamento e ao Ensino baseado em Simulação, além de duas perguntas abertas sobre prós e contras de se utilizar um simulador para treinamento. As afirmações foram avaliadas de acordo com a escala Likert, com cinco opções de resposta (Discordo completamente, Discordo, Não concordo nem discordo, Concordo, Concordo completamente) (GLIEM e GLIEM, 2003; MCLOONE, HEGG e JOHNSON, 2004; DUFFY, 2008; PIETSCH *et al.*, 2016).

5.2 Validação do Questionário Pós-Simulação

O questionário Pós-Simulação foi entregue aos 23 participantes do Teste de Usabilidade como forma de validar o simulador como uma ferramenta de aprendizado e substituição da máquina como complemento em um treinamento da incubadora neonatal. O DoE (Tabela 5.1) gerou uma amostra de 24 pessoas, mas um experimento não obteve um participante, pois não preenchia os requisitos para a realização do teste nos dias em que a pesquisadora esteve no HCSL.

Tabela 5.1 – DOE Fatorial da amostra

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Idade	Tempo trabalho (meses)	Turno	Nome
19	1	1	1	30-	49+	Dia	P1
20	2	1	1	30-	49+	Noite	P2
2	3	1	1	30-	48-	Noite	P3
21	4	1	1	31+	48-	Dia	P4
12	5	1	1	30-	49+	Noite	*
10	6	1	1	30-	48-	Noite	P5
6	7	1	1	31+	48-	Noite	P6
22	8	1	1	31+	48-	Noite	P7
14	9	1	1	31+	48-	Noite	P8
17	10	1	1	30-	48-	Dia	P9
18	11	1	1	30-	48-	Noite	P10
7	12	1	1	31+	49+	Dia	P11
5	13	1	1	31+	48-	Dia	P12
9	14	1	1	30-	48-	Dia	P13
8	15	1	1	31+	49+	Noite	P14
23	16	1	1	31+	49+	Dia	P15
15	17	1	1	31+	49+	Dia	P16
3	18	1	1	30-	49+	Dia	P17
4	19	1	1	30-	49+	Noite	P18
16	20	1	1	31+	49+	Noite	P19
24	21	1	1	31+	49+	Noite	P20
1	22	1	1	30-	48-	Dia	P21
11	23	1	1	30-	49+	Dia	P22
13	24	1	1	31+	48-	Dia	P23

Fonte: Minitab® 16.

Da teoria, o *alpha* de Cronbach (CRONBACH, 1951) é uma medição comum de confiabilidade interna muito utilizada para determinar a confiança na escala de Likert do questionário (TAVAKOL e DENNICK, 2011; CHANG *et al.*, 2016). A Tabela 5.2 a seguir apresenta os valores do *alpha* de todas as afirmações analisadas no *software* Minitab® 16.

O *alpha* de Cronbach geral foi de 0,8549, comprovando que existe um alto nível de consistência (confiabilidade) interna entre as afirmações feitas no questionário e em cada uma delas, como demonstram os valores da tabela. Lembrando que valores acima de 0,7 são recomendados nesta avaliação. Além disso, os itens mediram o mesmo construto em relação às afirmações feitas,

demonstrando que os itens foram bem interpretados pelos participantes da pesquisa e suas respostas não variaram muito.

Tabela 5.2 - Alpha de Cronbach das afirmações do questionário

Afirmações	Alpha de Cronbach
A1	0,8465
A2	0,8514
A3	0,8500
A4	0,8540
A5	0,8528
A6	0,8446
A7	0,8435
A8	0,8498
A9	0,8439
A10	0,8463
A11	0,8534
A12	0,8530
A13	0,8440
A14	0,8449
A15	0,8490
A16	0,8513
A17	0,8483
A18	0,8646
A19	0,8412
A20	0,8510
A21	0,8468
A22	0,8452

Fonte: Minitab® 16.

5.3 Resultados Quantitativos

A análise dos resultados foi dividida em resultados quantitativos e qualitativos, tendência de avaliação observada por Carayon *et al.* (2015) em sua pesquisa sobre mix de métodos de pesquisa na área de FHE na área de saúde e outros autores já citados na revisão bibliográfica.

5.3.1 Questionário Pré-Simulação

A amostra de indivíduos que participaram do Teste de Usabilidade apresenta as características descritas na Tabela 5.2 Características demográficas dos participantes (BOLING *et al.*, 2017). Estes dados são analisados frequentemente nos trabalhos de EBS e Usabilidade na área de saúde como em Chang *et al.* (2016) e Dexheimer *et al.* (2017).

Quanto a participação em treinamentos para operação da incubadora no HCSL, aqueles que não participaram de um representam duas vezes mais o número dos que participaram (Tabela 5.3).

Os enfermeiros e técnicos novatos aprendem sobre o equipamento com quem tem mais experiência na UTIN.

Tabela 5.3 – Características demográficas dos participantes

	Número (%)
Gênero	
Feminino	21 (91)
Masculino	2 (9)
Idade	
Até 30	7 (30)
De 30 a 40	14 (61)
Mais de 40	2 (9)
Profissão	
Enfermeiro (a)	7 (30)
Técnico (a) de Enfermagem	16 (70)
Tempo de UTIN	
Até 2 anos	11 (48)
De 2 a 5 anos	7 (30)
Mais de 5 anos	5 (22)
Participação em treinamento	
Sim	7 (30)
Não	16 (70)

Fonte: Boling *et al.* (2016).

Outra questão levantada foi quanto ao modo em que os participantes gostam de aprender sobre novos equipamentos: 7% preferem aprender lendo sobre o equipamento, 7% assistindo um vídeo disponível na internet, 9% lendo o manual de instruções, 16% praticando com algum colega que já tenha tido contato com o produto anteriormente, 23% praticando no próprio equipamento e 38% participando de um treinamento com especialista explicando sobre o seu funcionamento. Como os primeiros dados já indicam, a falta de treinamento no HCSL contrasta com os modos de aprendizado que os participantes preferem ser treinados. E uma diferença entre um hospital e universidades e escolas técnicas é o treinamento no próprio equipamento mais comum no primeiro e menos no segundo, respectivamente, justificando o uso do simulador como ferramenta de aprendizado, pois dificilmente o equipamento será comprado para ensino. Quando perguntados se já utilizaram algum simulador, somente 17,4% (4 pessoas de 23) responderam que sim, ao aprenderem a utilizar equipamentos como bomba de infusão com o manequim paciente na faculdade, por exemplo.

Outra questão levantada neste questionário foi se sabiam diferenciar a função Modo Ar da Modo Pele da incubadora neonatal, em que 95,7% responderam que sim, somente um participante não soube diferenciar. Essa questão será revisitada na seção 5.4.

5.3.2 Questionário Pós-Simulação

Este questionário foi dividido nas afirmações (22 itens) e em duas perguntas sobre os prós e contras do simulador (análise na seção 5.3). Estes itens podem ser divididos em três temas: painel de controle (monitor) da incubadora simulado, tarefas realizadas durante o teste e Ensino baseado em Simulação como ferramenta de aprendizado. Como todos os itens foram validados pelo *alpha* de Cronbach na seção 5.2 Validação do Questionário Pós-Simulação, todos eles terão suas respostas apresentadas em porcentagem de acordo com a opinião dos participantes nas Tabelas 5.4, 5.5 e 5.6, inspirado no trabalho de Dexheimer *et al.* (2017).

Tabela 5.4 - Opinião dos participantes em relação ao painel de controle da incubadora neonatal

Afirmiação	Discordo completamente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo completamente
A linguagem do monitor é familiar e fácil de entender		4%	13%	70%	13%
É fácil visualizar as informações na tela do monitor			4%	74%	22%
É fácil configurar os parâmetros do monitor (temperatura e umidade)		9%		70%	22%
O tempo usado para configurar o monitor é razoável			13%	78%	9%
O número de passos necessários para configurar o monitor é aceitável		4%		78%	17%
O monitor parece seguro no que diz respeito à prevenção de erros durante a configuração		22%	13%	75%	13%
De forma geral, o monitor é fácil de usar		4%	17%	65%	13%
Eu me sentiria confiante em configurar a incubadora		22%	13%	57%	9%
Eu recomendaria este modelo de incubadora para compra		4%	13%	70%	13%

Na avaliação do painel de controle pelos participantes, pode-se dizer que pelo menos 66% concordam com todas as afirmações feitas sobre o monitor da incubadora neonatal no que se

refere a linguagem, visualização de informações, mudança de parâmetros, passos necessários para configuração, recomendação do modelo desta incubadora, resumindo, apresenta uma interface de fácil uso. Duas ressalvas podem ser feitas em relação à segurança relacionada a cometer erros e a confiança de uso dos participantes, pois 22% discordaram dessas afirmações. Algumas pessoas preferiram não se pronunciar sobre essas afirmações pois somente duas de nove delas não tiveram respostas na opção Nem discordo, nem concordo.

Tabela 5.5 - Opinião dos participantes em relação às tarefas

Afirmção	Discordo completamente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo completamente
É possível cumprir algumas das tarefas mesmo sem lembrar-me das orientações dadas		13%	26%	48%	13%
Se houvesse outro teste a ser programado, certamente conseguiria fazer sozinho (a)		9%	17%	61%	13%
Durante as tarefas solicitadas não senti dificuldades em completá-las		43%	17%	30%	9%
Penso que cumpri adequadamente todas as tarefas requeridas		4%	22%	70%	4%
As tarefas realizadas no simulador correspondem às tarefas realizadas numa incubadora real		4%	9%	70%	13%

A Tabela 5.5 apresenta as afirmações feitas no que diz respeito as tarefas realizadas durante a simulação. Neste caso, os participantes tiveram um pouco mais de dificuldade como demonstra o item “Durante as tarefas solicitadas não senti dificuldade em completá-las”, pois 43% responderam que tiveram dificuldades. Outra observação pode ser feita no mínimo de concordância nestas afirmações em comparação a Tabela 5.4, por exemplo, em que pelo menos 39% concordam com os itens diferentemente dos 66% da tabela anterior (painel de controle da incubadora). Em relação a cumprir as tarefas sem orientação e a realizar um outro teste, ao menos 61% e 74%, respectivamente, concordam com as afirmativas, e 83% dos participantes afirmam que as tarefas realizadas correspondem àquelas realizadas diariamente na realidade.

Na análise das afirmações da Tabela 5.6 em relação a ferramenta Ensino baseado em Simulação, os participantes demonstraram maior aceitação, pois nenhum dos itens foi marcado com as opções Discordo completamente e Discordo. Ainda pode-se observar que a opção Concordo

completamente foi mais vezes assinalada, com um mínimo de 17% (integração da ferramenta ao currículo) e um máximo de 43% (aumento da confiança do estudante ao lidar com situações reais). Finalmente, 100% dos participantes concordam com os itens que destacam que: (i) A prática repetitiva desse tipo de aprendizado melhora a performance do usuário; (ii) Aumenta a confiança do estudante ao lidar com pacientes reais; (iii) Pensa que a ferramenta pode ajudar no ensino da prática da área de saúde, mas não a substitui; (iv) Pode criar um ambiente de prática realista, seguro e reproduzível.

Tabela 5.6 - Opinião dos participantes em relação a ferramenta Ensino baseado em Simulação

Afirmção	Discordo completamente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo completamente
A simulação pode ajudar no desenvolvimento de habilidade clínicas			5%	65%	30%
Acho que a prática repetitiva desse tipo de aprendizado com simulação melhora a performance do usuário				65%	35%
Acho que o aprendizado com simulação ajuda na segurança do paciente			4%	57%	39%
O aprendizado com simulação deve ser integrado ao currículo educacional			9%	74%	17%
O aprendizado com simulação aumenta a confiança do estudante quando ele lidar com pacientes reais				57%	43%
Penso que o aprendizado com simulação pode ajudar na parte prática do ensino na área de saúde e não como uma substituição dela				74%	26%
O aprendizado com simulação facilita no ensino de assuntos da área de saúde			9%	65%	26%
O aprendizado com simulação pode criar um ambiente de prática realista, seguro e reproduzível				74%	26%

5.4 Resultados Qualitativos

5.4.1 Questionário Pós-Simulação

Neste questionário existem duas perguntas que foram respondidas pelos participantes desta pesquisa, a primeira pergunta foi sobre quais os pontos positivos do simulador/monitor da incubadora neonatal (características, *design*, funcionamento), e a segunda foi sobre os pontos negativos dessa mesma questão. Como durante o Teste de Usabilidade o participante tem o direito de não responder a algo ou até mesmo não realizar o teste, alguns dos participantes escolheram não responder a estas duas questões. O número de respondentes foi de 18 participantes, incluindo aqueles que responderam somente a uma questão entre as duas.

Relacionando os pontos positivos descritos pelos indivíduos, foram descritos os itens a seguir:

- Promove o aprendizado e o aperfeiçoamento do profissional;
- *Design* bem parecido ao original, de fácil manipulação e com funções semelhantes a incubadora neonatal;
- Alarme e botões do painel de controle adequados ao funcionamento;
- Boa ferramenta para tirar as dúvidas, pois permite o contato antes de utilizar o equipamento real;
- Ajuda no aprendizado do equipamento passando mais segurança ao profissional, pois este opera o simulador sem medo de cometer erros;
- “Achei o simulador claro e objetivo como na rotina” (resposta de um participante).

Algumas observações positivas foram feitas em relação ao equipamento real como a programação dos alarmes e os gráficos de tendência para acompanhamento das variáveis do microclima e do recém-nascido.

Os pontos negativos observados pelos participantes foram os seguintes:

- Poderia ter mais funções de manipulação, para tirar dúvidas sobre outros pontos não relatados nas tarefas;
- Não substitui a incubadora neonatal real;
- A falta de tarefa com informações mais realistas, por exemplo, a da rotina de vivência dos participantes (mais comentários sobre esta observação na seção 5.6);
- As informações no painel de controle (simulador e incubadora) poderiam ser maiores e mais espaçadas;

- “Não tem todas as funções no simulador que tem na incubadora; o som do alarme do simulador não é igual” (resposta de um participante).

Neste caso também foram observados alguns pontos negativos da incubadora neonatal como barulho do alarme muito alto, falta de treinamento adequado a todos os profissionais da UTIN, falta de suporte para certos equipamentos, difícil visualização do recém-nascido quando a umidade está alta. Lembrando que estas observações correspondem a prática deste grupo de usuários.

5.4.2 Análise dos Vídeos

O tempo gasto para realização das tarefas foi de dois minutos e vinte e três segundos para o participante mais rápido e de sete minutos e quarenta e nove segundos para o que levou mais tempo. Alguns autores utilizam esses dados para comparação de tempo gasto entre os participantes, como em Shore *et al.* (2016) e Waterman *et al.* (2016).

Todos os participantes realizaram todas as tarefas exceto quando o botão ‘Tarefa cumprida!’ não funcionou (uma vez). Durante o teste, existia a possibilidade de o participante pedir ajuda quando não soubesse realizar a tarefa e quatro deles utilizaram esse recurso (ficha com a tarefa descrita).

Algumas pessoas observaram diferenças entre o simulador e o painel de controle da incubadora neonatal como quando esta avisa (como exemplo, a função Modo Ar fica piscando para alertar o usuário de algo) o que deve ser modificado ou o que está acontecendo; outra observou que a tela do simulador utilizada para a Modo Ar aparecia ligada (símbolo de modo ligada aparece na incubadora) e funcionando corretamente; participante reparou que modificou os parâmetros na função Modo Pele (deveria modificar no Modo Ar), mas os valores apareceram na variável correta. No geral, todos os indivíduos comentaram sobre a eficiência da ferramenta e o quanto era “legal”. No trabalho de Nagykaldi *et al.* (2014) também foram relatadas as opiniões dos participantes do Teste de Usabilidade, que são importantes para desenvolvimento de novas interfaces, como exemplo.

5.5 Correlacionando os Resultados Quantitativos com os Qualitativos

Algumas avaliações dos questionários podem ser confrontadas com os vídeos analisados. A principal delas está relacionada em saber a diferença entre as funções Modo Ar e Modo Pele da incubadora neonatal. Resumidamente, a Modo Ar controla a temperatura do microclima do equipamento e a Modo Pele monitora a temperatura do recém-nascido através do sensor de

pele. Na seção 5.2.1 foi mostrado que 95,7% dos participantes responderam que sabem diferenciar essas funções, mas na análise dos vídeos foi observado que 50% deles mudaram a temperatura do microclima (Modo Ar) no Modo Pele. Este é um bom exemplo do Paradoxo da Preferência versus Performance do trabalho de Morita e Cafazzo (2016), a diferença entre o que o participante de um teste acha e como ele age na realidade. Isto acontece, pois foi passado pelos profissionais mais experientes que a temperatura do equipamento deve ser controlada através do Modo Pele. Além disso, o sensor de pele é mal utilizado, pois ele é fixado na coxa do recém-nascido e não na região abdominal, como recomendado pelo fabricante.

Outros dados que podem ser discutidos estão relacionados à configuração do painel de controle. No questionário pós-simulação, 92% concordaram que ‘É fácil configurar os parâmetros do monitor’, 78% concordam que o monitor é fácil de usar e 66% se sentiriam confiantes em configurar o equipamento médico. Durante a análise dos vídeos, a pesquisadora notou que: participante suprime o som do alarme e, algumas vezes, não pede ajuda imediatamente para saber qual o motivo deste (quando com dúvidas); outro comentou que a temperatura de 36,4°C (considerada normal pela literatura médica) pode elevar a temperatura do recém-nascido; alguns ficaram confusos ao apertar os botões do simulador, sendo que este ficou muito parecido com o do equipamento real; outros participantes tentaram mudar os valores clicando na tela do simulador (imagem) e não nos botões. Uma afirmação que comprova esta discrepância é o item ‘Durante as tarefas não senti dificuldades em completá-las’, pois 43% dos respondentes discordaram da afirmação.

Essas informações ajudam a perceber que a falta de um treinamento apropriado e padronizado diminui a confiança dos profissionais em relação a utilização dos equipamentos médicos, o que pode causar danos à saúde dos pacientes.

5.6 Observações da Pesquisadora

Durante a análise dos vídeos, a pesquisadora anotou algumas observações em relação a interação do participante com o simulador e alguns erros encontrados na criação do mesmo. De acordo com Sigalet *et al.* (2016), é importante para os profissionais da área de saúde se sentirem valorizados e respeitados no compartilhamento de suas perspectivas, além disso a aprendizagem ajuda na compreensão de acertos/erros, resultando em melhores práticas.

A relação a seguir ilustra a interação dos participantes durante os testes com o simulador e com a pesquisadora:

- A metade dos participantes sabia o que estava fazendo durante as tarefas. Alguns chegaram a clicar no modo errado, mas percebiam o erro e o corrigiam;
- Muitos questionaram os valores das variáveis que apareciam na interface e comentavam que não eram iguais aos encontrados na realidade do hospital. Neste caso, cabe comentar que cada hospital tem práticas diferentes e os dados de cada paciente são somente dele;
- Alguns dos participantes comentaram que pedem ajuda no caso de dúvidas, mas muitos realizaram as tarefas confiantes no que faziam, mesmo quando errados;
- Dois participantes confundiram o alerta visual do alarme com o botão do mesmo e outro não soube diferenciar a tela principal de informações com a da configuração da umidade;
- Algumas pessoas gostavam de detalhar como é o procedimento no hospital em alguns casos durante as tarefas, incluindo a colocação do sensor da pele na coxa do paciente, e dois participantes demonstraram muita confiança no que faziam, inclusive explicando as tarefas e como deviam fazê-las.

Algumas observações foram registradas para aprimorar o simulador em um trabalho futuro, por exemplo, e uma foi implementada durante os testes no HCSL, como seguem nos itens a seguir:

- Ao clicar no botão Pele, apareceu temperatura diferente da tela principal (38°C e 36,4°C, respectivamente) na tarefa configurar microclima. Os valores deveriam ser iguais;
- A tela de configuração do botão Pele aparecia ligada, quando deveria aparecer desligada. Na incubadora, quando o Modo está ativo, aparece o valor alvo embaixo do valor atual. Quando o valor alvo é atingido novamente, aparece o símbolo de uma roda que fica girando;
- Utilização da mesma imagem para a configuração do Modo Ar e do Modo Pele;
- A localização do botão alarme logo abaixo de onde seria o correto causou confusão. A pesquisadora fez esta opção para deixar o simulador mais realista possível e o botão de suprimir o alarme é o mais utilizado pelos profissionais;
- O alarme soava quando a temperatura atingia 37°C. Erro cometido ao criar o código fonte para a variável Temperatura Ar;
- No primeiro dia de testes verificou-se que os usuários consideravam o valor da umidade de 80% normal e não alto, como esperado. Por isso, a pesquisadora o alterou para 90%;
- A imagem da tela do modo Umidade aparecia desligada e, após muito tempo de uso do software, o mesmo não funcionava mais normalmente.

6. CONCLUSÕES

Esta pesquisa propôs como objetivo geral desenvolver um simulador para capacitação/treinamento de profissionais da área de saúde, utilizando diferentes teorias e ferramentas de simulação (EBS e SBA) com FHE.

O desenvolvimento de um simulador foi pensado para substituir o equipamento médico para treinamento de estudantes, profissionais da área de saúde, especificamente enfermeiros e técnicos de enfermagem do HCSL, e testá-lo. Pensando no treinamento de profissionais, muito importante na área de saúde, o EBS foi uma metodologia bem aceita pelos participantes, porque nenhuma das afirmações relacionadas ao assunto no questionário obteve discordâncias. Cem por cento (100%) dos respondentes concordaram que a prática repetitiva desse tipo de aprendizado melhora a performance do usuário, aumenta a confiança do estudante ao lidar com pacientes reais, pensa que a ferramenta pode ajudar no ensino da prática da área de saúde, mesmo não a substituindo e a possibilidade de criar um ambiente de prática realista, seguro e reproduzível, confirmando a resposta positiva as três questões.

Na validação e verificação do simulador juntamente aos resultados, foi possível a criação e desenvolvimento deste, lembrando que equipamentos com interfaces permitem uma melhor reprodução do painel de controle através da SBA. A validação da interface pelos especialistas, pelo teste piloto e pelas respostas do questionário pós-simulação confirmam que o equipamento foi representado com sucesso. Do questionário, 66% dos participantes concordaram que a linguagem do painel de controle, a visualização das informações, a mudança de parâmetros, os passos de configuração são parecidos ao original, a interface da incubadora neonatal Vision® Advanced 2286.

A SBA foi uma ferramenta aplicada no desenvolvimento do simulador pois se mostrou capaz de reproduzir fielmente esta interface de forma positiva, um dos objetivos específicos, junto ao *software* AnyLogic® que justificou sua escolha devido a facilidade na construção do agente e sua lógica, além de permitir a reprodução das características do painel de controle e funcionamento. A aparência do painel de controle, juntamente com suas tarefas e modo de funcionamento tiveram uma boa aceitação por parte dos participantes, já que 83% deles afirmaram que as tarefas realizadas correspondem àquelas encontradas no dia a dia e 61% são capazes de cumprir as tarefas sem orientação.

Todos os objetivos desta pesquisa foram alcançados através das respostas positivas com as confirmações quantitativas e qualitativas. A importância de treinamento, principalmente na área

da saúde, se mostrou na análise dos resultados com todos os dados e as informações levantadas durante a pesquisa. Lembrando que, ao lidar com recém-nascidos prematuros, toda atenção ao manuseio da incubadora neonatal é necessária para não causar danos a estes pacientes.

A utilização da Simulação baseada em Agentes juntamente a outros dois temas, o Ensino baseado em Simulação e o Teste de Usabilidade, trouxe um caráter inédito a esta pesquisa como visto nas justificativas. O Teste de Usabilidade permitiu analisar a interface do simulador e apontar as melhorias que podem ser feitas em uma nova versão, além da possibilidade de colher informações sobre a interface da incubadora em si e desta forma contribuir com a melhoria do equipamento.

Com estas informações, recomenda-se para trabalhos futuros:

- Aplicar as melhorias propostas pelos participantes e replicar esta pesquisa;
- Reproduzir o painel de controle de outros equipamentos médicos ou modelos de incubadora mais completos (mais variáveis), incluindo todas as possibilidades de configuração e manipulação dos parâmetros específicos;
- Realizar esta pesquisa em outros hospitais para futura comparação dos resultados;
- Pesquisar sobre estes temas em outros países, como é a conduta dos profissionais da área da saúde em culturas diferentes;
- Empregar o Teste de Usabilidade como forma de avaliação dos usuários experientes no uso de equipamentos;
- Utilizar o Teste de Usabilidade como forma de validar outros tipos de simulação quando relacionados a outros produtos e de diferentes áreas.

APÊNDICE A – Questionário

1. Nome: _____ Data: ____/____/____

2. Gênero: Masculino Feminino

3. Idade:

Até 29 anos 30 a 39 anos 40 a 49 anos 50 a 65 anos acima de 65 anos

4. Setor de trabalho: C.T.I. Neonatal

Outro: _____

5. Qual a sua ocupação (profissão) dentro da C.T.I. Neonatal?

6. Há quanto tempo você atua no seu setor de trabalho atual?

Menos de 1 ano 1 a 4 anos 5 a 10 anos Mais de 10 anos

7. Em seu dia a dia, com que frequência entra em contato com a incubadora neonatal?

Nunca 1 a 2 vezes ao dia 3 a 5 vezes ao dia Mais de 5 vezes ao dia

8. Qual o modelo da incubadora neonatal com que trabalha?

9. Quais funções que mais utiliza no painel de controle (monitor) da incubadora neonatal?

10. Existem situações que acontecem com o recém-nascido que podem ser controladas diretamente no painel de controle da incubadora? Se sim, quais são elas (exemplos)?

11. Em relação aos ruídos/alarmes da incubadora neonatal, quais são os pontos positivos e/ou negativos?

12. Quais são os pontos positivos deste modelo de incubadora neonatal com o qual você trabalha?

13. Quais são os pontos negativos deste modelo de incubadora neonatal com o qual você trabalha?

APÊNDICE B – Códigos Fonte

Código fonte para Botão BAR

```
Tar.setVisible(true);
Tprincipal.setVisible(false);
Tprincipalcompleta.setVisible(false);
Tumidade.setVisible(false);
Toxigenio.setVisible(false);
TelaTemperatura=true;
TelaUmidade=false;
TelaOxigenio=false;
TelaPrincipalCompleta=false;
Alvo.setVisible(true);
Alvo.setX(385);
Alvo.setY(258);
Alvo.setScale(2, 2, 1);
AlvoInc.setVisible(true);
AlvoDec.setVisible(true);
UmidInc.setVisible(false);
UmidDec.setVisible(false);
Pele.setVisible(false);
umid.setVisible(false);
umid1.setVisible(false);
Ar.setVisible(false);
send("botao Ar Configuracao", simulador);
send("botao Ar FebreTemperatura", simulador);
send("botao Ar Microclima", simulador);
```

Código fonte para Botão BPele

```
Tar.setVisible(true);
Tprincipal.setVisible(false);
Tprincipalcompleta.setVisible(false);
Tumidade.setVisible(false);
Toxigenio.setVisible(false);
TelaTemperatura=true;
TelaUmidade=false;
TelaOxigenio=false;
TelaPrincipalCompleta=false;
Alvo.setX(385);
Alvo.setY(258);
Alvo.setScale(2, 2, 1);
AlvoInc.setVisible(true);
AlvoDec.setVisible(true);
UmidInc.setVisible(false);
UmidDec.setVisible(false);
Pele.setVisible(false);
umid.setVisible(false);
umid1.setVisible(false);
Ar.setVisible(false);
alarmeON.setVisible(false);
```

Código Fonte para Botão BUmididade

```

Tumidade.setVisible(true);
Tprincipal.setVisible(false);
Tprincipalcompleta.setVisible(false);
Tar.setVisible(false);
Toxigenio.setVisible(false);
TelaTemperatura=false;
TelaUmidade=true;
TelaOxigenio=false;
TelaPrincipalCompleta=false;
umid.setVisible(true);
umid.setX(385);
umid.setY(258);
umid.setScale(2, 2, 1);
UmidInc.setVisible(true);
UmidDec.setVisible(true);
AlvoInc.setVisible(false);
AlvoDec.setVisible(false);
umid1.setVisible(false);
Pele.setVisible(false);
Alvo.setVisible(false);
Ar.setVisible(false);
send("botao Umidade Configuracao", simulador);
send("botao Umidade FebreUmidade", simulador);
send("botao Umidade Microclima", simulador);

```

Código Fonte para Botão BRetorno

```

Tprincipal.setVisible(true);
Tar.setVisible(false);
Tprincipalcompleta.setVisible(false);
Tumidade.setVisible(false);
Toxigenio.setVisible(false);
TelaTemperatura=false;
TelaUmidade=false;
TelaOxigenio=false;
TelaPrincipalCompleta=false;
Alvo.setVisible(true);
Pele.setVisible(true);
umid.setVisible(true);
umid1.setVisible(true);
Ar.setVisible(true);
Alvo.setX(372);
Alvo.setY(274.5);
Alvo.setScale(1, 1, 1);
AlvoInc.setVisible(false);
AlvoDec.setVisible(false);
umid.setX(354);
umid.setY(320);
umid.setScale(1, 1, 1);
UmidInc.setVisible(false);
UmidDec.setVisible(false);
alarmeON.setVisible(false);
send("botao Retorno Configuracao1", simulador);

```

```

send("botao Retorno Configuracao2", simulador);
send("botao Retorno FebreTemp", simulador);
send("botao Retorno FebreUmid", simulador);
send("botao Retorno Microclima1", simulador);
send("botao Retorno Microclima2", simulador);

```

Código Fonte para Botão BDecrescimo

```

if (TelaTemperatura){
    TempAlvo = TempAlvo - 0.1;
} else if (TelaUmidade){
    UmidadeIncub = UmidadeIncub - 1;
}
if (TempAlvo >= 36){
send("botao Decrescimo FebreTemp", simulador);
}
if (UmidadeIncub >= 60){
send("botao Decrescimo FebreUmid", simulador);
}
if (UmidadeIncub >= 50){
send("botao Decrescimo Microclima2", simulador);
}

```

Código Fonte para Botão BAcrecimo

```

if (TelaTemperatura){
    TempAlvo = TempAlvo + 0.1;
} else if (TelaUmidade){
    UmidadeIncub = UmidadeIncub + 1;
}
if (TempAlvo >= 36){
send("botao Acrecimo Configuracao1", simulador);
}
if (TempAlvo >= 36.4){
send("botao Acrecimo Microclima1", simulador);
}
if (UmidadeIncub >= 60){
send("botao Acrecimo Configuracao2", simulador);
}

```

Código Fonte para Botão BParaAlarme

```

somAlarme.suspend();

```

Código Fonte para Botão BTarefaCumprida

```

send("Sair de Configuração", simulador);
send("Sair", simulador);

```

APÊNDICE C – Termo de Consentimento

Eu, Elisa Maria Melo Silva, convido-o a participar de um trabalho de mestrado. Antes de concordar em participar deste estudo é importante que você leia e compreenda a seguinte explicação sobre o passo a passo desse estudo. A fim de decidir se quer participar deste trabalho você deve ter conhecimentos suficientes sobre os riscos e benefícios para ser capaz de tomar uma decisão esclarecida. Isto é conhecido como consentimento informado. Por favor, pergunte ao responsável pelo estudo caso tenha dificuldades em entender alguma palavra ou trecho do termo de consentimento antes de assinar o documento. Tenha certeza de que suas perguntas foram satisfatoriamente respondidas antes de assinar este documento. As informações seguintes descrevem a proposta, os procedimentos, benefícios, desconfortos, riscos e precauções associadas com este estudo.

Proposta

Aluna de mestrado em Engenharia de Produção está estudando sobre a efetividade e desempenho de um simulador do monitor (painel de controle) de uma incubadora neonatal para reunir informações que avaliarão e validarão seu trabalho como ferramenta educacional, podendo gerar propostas de melhoria do equipamento que serão levados ao fabricante onde caberá a ele decidir se implantará as melhorias ou não. Sua participação irá ajudar a determinar se o equipamento é de fácil utilização, eficiente e seguro durante o seu uso.

Procedimentos

Se você concordar em participar deste estudo lhe será pedido que complete algumas atividades que poderiam ser realizadas no dia a dia de uma UTI Neonatal ao manusear a incubadora. Em outras palavras, você estará em uma sala para a simulação com o computador representando o monitor (painel de controle) de uma incubadora neonatal. Neste ambiente, você receberá orientações sobre as tarefas que deverá realizar no computador. Você receberá um questionário para responder sobre suas impressões sobre o simulador após as tarefas. Suas respostas e comentários serão usados para avaliar e/ou propor melhorias ao simulador e a incubadora infantil. Sua participação no estudo terá duração aproximada de trinta minutos e será filmada para análise dos dados.

Riscos

Risco mínimo, porém, este estudo não lhe trará riscos físicos ou psicológicos. O que pode apenas acontecer é algum desconforto mediante a entrevista, porém serão tomados todos os cuidados para que isso não ocorra.

Benefícios

Você não receberá benefícios diretos por participar deste estudo, mas as informações coletadas provavelmente ajudarão a aumentar o conhecimento e propor melhorias a serem realizadas no simulador do monitor (painel de controle) da incubadora infantil como ferramenta educacional.

Confidencialidade

Todas as informações obtidas durante o estudo serão mantidas em sigilo. Nenhum nome ou informações pessoais serão usadas em artigos ou publicações que possam resultar deste estudo. Nenhuma informação que o identifique será comentada pela aluna deste estudo. Se os vídeos do estudo forem exibidos fora do ambiente da equipe de pesquisa, seu rosto será borrado e todas as informações de identificação serão mantidas em segredo. Dados deste estudo serão arquivados por tempo indeterminado.

Participação

Sua participação no estudo é voluntária. Você pode escolher não participar ou retirar-se do estudo a qualquer momento.

Reembolso

Você não receberá reembolso financeiro por sua participação.

Consentimento

Eu tive a oportunidade de discutir sobre este estudo e minhas questões foram respondidas a meu contento. Eu concordo em participar do estudo com a compreensão de que posso me retirar dele a qualquer instante, se assim desejar. Eu recebi uma cópia assinada deste termo de consentimento. Eu participei voluntariamente deste estudo.

Nome / RG do participante

___/___/___

Assinatura do Participante

Data

Eu confirmo que expliquei a natureza e a proposta do estudo ao participante acima. Eu respondi a todas as questões pertinentes ao estudo que me foram feitas.

Nome da pessoa que recolheu o consentimento

___/___/___

Assinatura

Data

APÊNDICE D - Questionário Pré-Simulação

1. Nome: _____ Data: ____/____/____

2. Gênero: Feminino Masculino

3. Idade: _____

4. Qual a sua ocupação (profissão) dentro da C.T.I. Neonatal?

5. Há quanto tempo você atua(ou) nesse setor de trabalho?

6. Em seu dia a dia, com que frequência entra em contato com a incubadora infantil?

7. Qual o modelo da incubadora neonatal com que trabalha? Conhece a incubadora Fanem, modelo Vision Advanced Monocolor 2286?

8. Como se sente ao utilizar um novo modelo de incubadora infantil?

- À vontade
- Razoavelmente à vontade
- Nenhum pouco à vontade

9. Você já participou de algum treinamento para aprender sobre o funcionamento de uma incubadora infantil?

10. Como prefere aprender sobre o uso de um novo equipamento?

- Lendo sobre o equipamento
- Lendo o manual de instruções
- Assistindo um vídeo disponível na internet
- Praticando no próprio equipamento
- Praticando com algum colega que já tenha tido contato com o produto anteriormente
- Participando de um treinamento com especialista explicando sobre o seu funcionamento

11. Você já utilizou algum simulador de outro equipamento médico?

12. Você sabe diferenciar o modo Ar do modo Pele de uma incubadora infantil?

APÊNDICE E – Questionário Pós-Simulação

Nome: _____ Data: ___/___/___

1. Indique o quanto você concorda ou discorda com as seguintes afirmações sobre o simulador do painel de controle de uma incubadora infantil. Assinale a alternativa que melhor represente sua opinião:

	Discordo totalmente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
A linguagem do monitor é familiar e fácil de entender	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É fácil visualizar as informações na tela do monitor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É fácil configurar os parâmetros do monitor (temperatura e umidade)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
É possível cumprir algumas das tarefas mesmo sem lembrar-me das orientações dadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O tempo usado para configurar o monitor é razoável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O número de passos necessários para configurar o monitor é aceitável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O monitor parece seguro no que diz respeito à prevenção de erros durante a configuração	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Discordo totalmente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
De forma geral, o monitor é fácil de usar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu me sentiria confiante em configurar a incubadora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se houvesse outro teste a ser programado, certamente conseguiria fazer sozinho (a)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durante as tarefas solicitadas não senti dificuldades em completá-las	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Penso que cumpri adequadamente todas as tarefas requeridas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eu recomendaria este modelo de incubadora para compra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
As tarefas realizadas no simulador correspondem as tarefas realizadas numa incubadora real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A simulação pode ajudar no desenvolvimento de habilidade clínicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Discordo totalmente	Discordo	Nem discordo, nem concordo	Concordo	Concordo totalmente
Acho que a prática repetitiva desse tipo de aprendizado com simulação melhora a performance do usuário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acho que o aprendizado com simulação ajuda na segurança do paciente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O aprendizado com simulação deve ser integrado ao currículo educacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O aprendizado com simulação aumenta a confiança do estudante quando ele lidar com pacientes reais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Penso que o aprendizado com simulação pode ajudar na parte prática do ensino na área de saúde e não como uma substituição dela	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O aprendizado com simulação facilita no ensino de assuntos da área de saúde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O aprendizado com simulação pode criar um ambiente de prática realista, seguro e reproduzível	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Cite alguns pontos positivos do simulador/monitor da incubadora infantil (características, *design*, funcionamento)

3. Cite alguns pontos negativos do simulador/monitor da incubadora infantil (características, *design*, funcionamento)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASE, I.; AASE, K.; DIECKMANN, P.; BJØRSHOL, C. A.; HANSEN, B. S. Interprofessional communication in a simulation-based team training session in healthcare: A student perspective. **Journal of Nursing Education and Practice**, v. 6, n. 7, p. 91–100, 2016.

ABNT. **NBR IEC 62366**: Produtos para a saúde — Aplicação da engenharia de usabilidade a produtos para a saúde. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2010.

AKPAN, J. P. Issues associated with inserting computer simulations into biology instruction. **Electronic Journal of Science Education**, v. 5, n. 3, 2001.

ALESSI, S. M. Fidelity in the Design of Instructional Simulations. **Journal of Computer-Based Instruction**, v. 15, p. 40-47, 1998.

ALFES, C. M., STEINER, S., RUTHERFORD-HEMMING, T. Challenges and Resources for New Critical Care Transport Crewmembers: A Descriptive Exploratory Study. **Air medical journal**, v. 35, n. 4, p. 212-215, 2016.

ALI, L.; NISAR, S.; GHASSAN, A. Role of debriefing as a learning tool in simulation based learning for students of preclinical years at the end of two consecutive modules-initial experience. **Journal of Ayub Medical College Abbottabad**, v. 27, n. 2, p. 425-429, 2015.

ALIBRAHIM, A., WU, S. An agent-based simulation model of patient choice of health care providers in accountable care organizations. **Health Care Management Science**, 1-13, 2016.

ALMENARA, M., CEMPINI, M., GÓMEZ, C., CORTESE, M., MARTÍN, C., MEDINA, J., VITIELLO, N., OPISSO, E. Usability test of a hand exoskeleton for activities of daily living: an example of user-centered design. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 12, n. 1, p. 84-96, 2017.

ANAGNOSTOU, A., TAYLOR, S. J. A distributed simulation methodological framework for OR/MS applications. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 70, p. 101-119, 2017.

ANDERSON, C. A., TITLER, M. G. Development and verification of an agent-based model of opinion leadership. **Implementation Science**, v. 9, n. 1, p. 136, 2014.

ANDREADIS, G.; BOUZAKIS, K. D.; KLAZOGLU, P.; NIWTAKI, K. Review of agent-based systems in the manufacturing section. **Universal Journal of Mechanical Engineering**, v. 2, n. 2, p. 55-59, 2014.

ANTONUCCI, R.; PORCELLA, A.; FANOS, V. The infant incubator in the neonatal intensive care unit: unresolved issues and future developments. **Journal of perinatal medicine**, v. 37, n. 6, p. 587-598, 2009.

APPOLINARIO, F. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006. 220 p.

ARAKAWA, M. **But is it useful?** Website usability testing of the UH STEM Education website. 2016.

AURA, S., JORDAN, S., SAANO, S., TOSSAVAINEN, K., TURUNEN, H. Transfer of learning: Radiographers' perceptions of simulation-based educational intervention. **Radiography**, v. 22, n. 3, p. 228-236, 2016.

BALCI, O. **Verification, Validation and Testing**. In: Handbook of simulation, v. 1, p. 335–393, 1998.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event Simulation**. 5. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 2009.

BARNUM, C. M. **Usability testing essentials: ready, set... test!**. Elsevier. 2010.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Modelling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BERTOLINI, M., BEVILACQUA, M., CIARAPICA, F.E., GIACCHETTA, G. Business process re-engineering in healthcare management: a case study. **Business Process Management Journal**, v. 17, n. 1, pp. 42-66, 2011.

BONABEAU, E. **Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems**. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, v. 99, n. 3, p. 7280-7, 2002.

BORG, G. **Borg's Perceived Exertion and Pain Scales**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

BORGES, F., GUTIERREZ-MILLA, A., LUQUE, E., SUPPI, R. Care HPS: A high performance simulation tool for parallel and distributed agent-based modeling. **Future Generation Computer Systems**, v. 68, p. 59-73, 2017.

BORSHCHEV, A. **The Big Book of Simulation Modeling**. Multimethod Modeling with Anylogic 6. Ed. AnyLogic North America, 2013.

BRADLEY, P. The history of simulation in medical education and possible future directions. **Medical education**, v. 40, n. 3, p. 254-262, 2006.

BRAILSFORD, S.C., RAUNER, M.S., GUTJAHN, W.J., ZEPPELZAUER, W. (2010), "A combined discrete-event simulation and ant colony optimization approach for selecting optimal screening policies for diabetic retinopathy", **Computational Management Science**, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10287-006-0008-x>>. Acessado em 27 de fevereiro de 2017.

BUCKLEY, E. S.; LOVELAND, M. T.; BRENNER, D. G. **Simulations for Supporting and Assessing Science Literacy**. Handbook of Research on Technology Tools for Real-World Skill Development, 2015. 191 p.

CARAYON, P., KIANFAR, S., LI, Y., XIE, A., ALYOUSEF, B., WOOLDRIDGE, A. A systematic review of mixed methods research on human factors and ergonomics in health care. **Applied ergonomics**, v. 51, p. 291-321, 2015.

CARSON II, J. S. **Introduction to modeling and simulation.** In: Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 2004.

CASSANO-PICHÉ, A.; TRBOVICH, P.; GRIFFIN, M.; LIN, Y. L.; EASTY, T. **Human factors for health technology safety:** evaluating and improving the use of health technology in the real world. Toronto: IFMBE Clinical Engineering Division, 2015.

CHANG, L. C., LEE, P. I., GUO, N. W., & HUANG, M. C. (2016). Effectiveness of simulation-based education on childhood fever management by taiwanese parents. **Pediatrics & Neonatology**, 57(6), 467-473.

CHENG, A., GRANT, V., ROBINSON, T., CATENA, H., LACHAPELLE, K., KIM, J., ADLER, M., EPPICH, W. The Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation (PEARLS) Approach to Health Care Debriefing: A Faculty Development Guide. **Clinical Simulation in Nursing**, v. 12, n. 10, p. 419-428, 2016.

CHOI, J., BAKKEN, S. Web-based education for low-literate parents in Neonatal Intensive Care Unit: Development of a website and heuristic evaluation and usability testing. **International journal of medical informatics**, v. 79, n. 8, p. 565-575, 2010.

CHRIST-NEUMANN, M. L.; ESCRICH, A.; ANGUITA, A.; STENZHORN, H.; TAYLOR, M.; RAMAY, H.; RÜPING, S.; KRAUTH, C.; KUCHINKE, W.; GRAF, N.; ROSSI, S. Usability on the p-medicine infrastructure: an extended usability concept. **ecancermedicalsecience**, v. 8, 2014.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos.** 3. ed. São Paulo: Elsevier, 2010. 320 p.

COAKLEY, S., GHEORGHE, M., HOLCOMBE, M., CHIN, S., WORTH, D., GREENOUGH, C. Exploitation of high performance computing in the flame agent-based simulation framework. In: High Performance Computing and Communication 2012 IEEE 9th International Conference on Embedded Software and Systems (HPCC-ICISS), **2012 IEEE 14th International Conference on**, 2012, pp. 538–545.

COLIER, N.; OZIK, J. **Test-driven agent-based simulation development.** In: Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 2013.

COLLIER, N., NORTH, M. Parallel agent-based simulation with repast for high performance computing. **Simulation**, v. 89, n. 10, p. 1215–1235, 2013.

CORDASCO, G., De CHIARA, R., MANCUSO, A., MAZZEO, D., SCARANO, V., SPAGNUOLO, C. Bringing together efficiency and effectiveness in distributed simulations: the experience with d-mason. **Simulation**, v. 89, n. 10, p. 1236–1253, 2013.

COSTA, R. R. O.; MEDEIROS, S. M.; MARTINS, J. C. A.; MENEZES, R. M. P.; ARAÚJO, M.S. O uso da simulação no contexto da educação e formação em saúde e enfermagem: uma reflexão acadêmica. **Espaço para a Saúde**, v.16, n. 1, p. 59-65, 2015.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the interval structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, p. 297–334, 1951.

CURTIS, M. T., DIAZGRANADOS, D., FELDMAN, M. Judicious use of simulation technology in continuing medical education. **Journal of Continuing Education in the Health Professions**, v. 32, n. 4, p. 255-260, 2012.

da CRUZ, J. A. S., dos REIS, S. T., FRATI, R. M. C., DUARTE, R. J., NGUYEN, H., SROUGI, M., PASSEROTTI, C. C. Does Warm-Up Training in a Virtual Reality Simulator Improve Surgical Performance? A Prospective Randomized Analysis. **Journal of surgical education**, v. 73, n. 6, p. 974-978, 2016.

DAVIDS, M. R.; CHIKTE, U.; GRIMMER-SOMERS, K.; HALPERIN, M. L. Usability testing of a multimedia e-learning resource for electrolyte and acid-base disorders. **British Journal of Educational Technology**, v. 45, n. 2, p. 367-381, 2014.

DAY, T. E., RAVI, N., XIAN, H., BRUGH, A. An agent-based modeling template for a cohort of veterans with diabetic retinopathy. **PloS one**, v. 8, n. 6, e66812, 2013.

DEXHEIMER, J. W., KUROWSKI, B. G., ANDERS, S. H., MCCLANAHAN, N., WADE, S. L., BABCOCK, L. Usability evaluation of the SMART application for youth with mTBI. **International journal of medical informatics**, v. 97, p. 163-170, 2017.

DONKERS, K., TRUSCOTT, J., GARRUBBA, C., DELONG, D. High-Fidelity Simulation Use in Preparation of Physician Assistant Students for Neonatal and Obstetric Care. **The Journal of Physician Assistant Education**, v. 27, n. 2, p. 68-72, 2016.

DONNISON, S.; DUNN, P.; COLE, R.; BULMER, M.; ROIKO, A.; MULLER, F. Enhancing Curriculum in Epidemiology and Biostatistics through Simulation-Based Learning. **International Research in Education**, v. 4, n. 1, p. 11-26, 2015.

DREIFUERST, K. T. The essentials of debriefing in simulation learning: a concept analysis. **Nurs. Educ. Perspect.** v. 30, n. 2, p. 109-114, 2009.

DUFFY, V. G. **Handbook of digital human modeling**. Research for Applied Ergonomics and Human Factors Engineering, CRC press, 2008.

DUFFY, V.G. Improving efficiencies and patient safety in healthcare through human factors and ergonomics. **J. Intell. Manuf.**, v. 22, p. 57-64, 2011.

DWYER, T., SEARL, K. R., MCALLISTER, M., GUERIN, M., FRIEL, D. Advanced life simulation: High-fidelity simulation without the high technology. **Nurse education in practice**, v. 15, n. 6, p. 430-436, 2015.

EATOCK, J.; LORD, J.; TRAPERO-BERTRAN, M.; ANAGNOSTOU, A. **Discrete event simulation of whole care pathways to estimate cost-effectiveness in Clinical Guidelines**. In: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington beach, CA, USA, 2015.

ECRI INSTITUTE. **Top 10 Health Technology Hazards for 2014**. Disponível em: <http://www.samtit.nu/filarkiv/nya_filarkivet/sakerhet/2014_top_10_hazards_executive_brief.pdf>. Acessado em 15 de dezembro de 2015.

ECRI INSTITUTE. **Top 10 Health Technology Hazards for 2015**. Disponível em: <https://www.ecri.org/Documents/White_papers/Top_10_2015.pdf>. Acessado em 15 de dezembro de 2015.

ECRI INSTITUTE. **Top 10 Health Technology Hazards for 2016**. Disponível em: <http://www.samtit.nu/filarkiv/nya_filarkivet/foreningsinfo/2016_top_10_hazards_executive_brief.pdf>. Acessado em 15 de dezembro de 2015.

EMRICH, S.; SUSLOV, S.; JUDEX, F. **Fully agent-based modelling of epidemic spread using AnyLogic®**. In: Proc. EUROSIM, pp. 9-13, 2007.

FANEM. **Manual do usuário da Incubadora modelo Vision® Advanced 2286**. São Paulo, Brasil, 2012.

FANNING, R. M.; GABA, D. M. The role of debriefing in simulation-based learning. **Simulation in healthcare**, v. 2, n. 2, p. 115-125, 2007.

FDA. **Applying Human Factors and Usability Engineering to Medical Devices**. FDA (Silver Spring, MD), 2016.

FERRIS, T. K.; SHEPLEY, M. M. The design of neonatal incubators: a systems-oriented, human-centered approach. **Journal of Perinatology**, v. 33, p. S24-S31, 2013.

FIGUEREDO, G. P., SIEBERS, P. O., AICKELIN, U., WHITBROOK, A., GARIBALDI, J. M. Juxtaposition of system dynamics and agent-based simulation for a case study in immunosenescence. **PloS one**, v. 10, n. 3, e0118359, 2015.

FIGLIORE, S. M., WILTSHIRE, T. J. Technology as Teammate: Examining the Role of External Cognition in Support of Team Cognitive Processes. **Frontiers in Psychology**, v. 7, 2016.

FLATO, U. A. P.; GUIMARÃES, H. P. Educação baseada em simulação em medicina de urgência e emergência: a arte imita a vida. **Revista Brasileira de Clínica Médica**. São Paulo, v. 9, n. 5, p. 360-364, 2011.

FLYNN, F. M., SANDAKER, K., BALLANGRUD, R. Aiming for excellence—A simulation-based study on adapting and testing an instrument for developing non-technical skills in Norwegian student nurse anaesthetists. **Nurse Education in Practice**, v. 22, p. 37-46, 2017.

FOGAÇA, M. C.; CARVALHO, W. B.; CÍTERO, V. A.; NOGUEIRA-MARTINS, L. A. Fatores que tornam estressante o trabalho de médicos e enfermeiros em terapia intensiva pediátrica e neonatal: estudo de revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**. São Paulo, v. 20, n. 3, p. 261-266, 2008.

FORONDA, C., LIU, S., BAUMAN, E.B. Evaluation of simulation in undergraduate nurse education: an integrative review. **Clin. Simul. Nurs**, v. 9, e409–e416, 2013.

GABA, D. M. The future vision of simulation in healthcare. **Simulation in Healthcare**, v. 2, n. 2, p. 126-135, 2007.

GARCÍA-MAGARIÑO, I., PALACIOS-NAVARRO, G. A model-driven approach for constructing ambient assisted-living multi-agent systems customized for Parkinson patients. **Journal of Systems and Software**, v. 111, p. 34-48, 2016.

GILBERT, G. N. **Agent-based models**. Sage, 2008.

GLIEM, R. R.; GLIEM, J. A. **Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales.** Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education, 2003.

GRANT, V. J., WOLFF, M., ADLER, M. The past, present, and future of simulation-based education for pediatric emergency medicine. **Clinical Pediatric Emergency Medicine**, v. 17, n. 3, p. 159-168, 2016.

GRIESHOP, J. I. Games: powerful tools for learning. **Journal of Extension**, v. 25, n. 1, 1987.

GRIMM, V.; BERGER, U.; BASTIANSEN, F.; ELIASSEN, S.; GINOT, V.; GISKE, J.; GOSS-CUSTARD, J.; GRAND, T.; HEINZ, S. K.; HUSE, G.; HUTH, A. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. **Ecological modelling**, v. 198, n. 1, p. 115-125, 2006.

GRISHAM, L. M., VICKERS, V., BIFFAR, D. E., PRESCHER, H., BATTAGLIA, N. J., JARRED, J. E., REID, S. A., HAMILTON, A. J. Feasibility of Air Transport Simulation Training: A Case Series. **Air Medical Journal**, v. 35, n. 5, p. 308-313, 2016.

GUDWIN, R.R. **IA009 Introdução à teoria de agentes.** Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~gudwin/courses/IA009/>>. Acessado em: 22 de outubro de 2015.

GUISE, V., WIIG, S. Preparing for organizational change in home health care with simulation-based training. **Clinical Simulation in Nursing**, v. 12, n. 11, p. 496-503, 2016.

HARPRING, R.; EVANS, G. W.; BARBER, R.; DECK, S. M. Improving efficiency in social services with discrete event simulation. **Computers & Industrial Engineering**, v. 70, p. 159-167, 2014.

HELANDER, M. G.; LANDAUER, T. K.; PRABHU, P. V. **Handbook of Human-Computer Interaction.** 2. ed. Amsterdam: North-Holland, 1992.

HELBING, D. **Social Self-Organization Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior.** Springer, 2012. 340 p.

HORNBAEK, K. Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. **Int J Human-Computer Studies**, v. 64, p. 79-102, 2006.

HUBERT, R. **Histoire de la pédagogie.** 1949.

HUTCHINS, S. G. **Analysis of human factors case studies of complex military systems: here's how we can do better.** In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, SAGE publications, v. 45, n. 24, p. 1753-1757, 2001.

ISO 9241-11. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), Part 11: Guidance on usability.** 1998.

IVANOV, D. **Operations and supply chain simulation with AnyLogic 7.2.** 2016.

JALALIMANESH, A., HAGHIGHI, H. S., AHMADI, A., SOLTANI, M. Simulation-based optimization of radiotherapy: Agent-based modeling and reinforcement learning. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 133, p. 235-248, 2017.

JEFFRIES, P. R. **Clinical Simulations in Nursing Education: Advanced Concepts, Trends, and Opportunities**. Ed. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia, PA. 2014.

JIANG, B.; ZHU, W.; SUN, H.; WANG, Z.; GAO, S. A Numerical Simulation Method and its Application for Elastic-brittle of Crack Propagation of Fractured Rock under Compression Shear. **The Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 21, p. 239–252, 2016.

JOHNSTON, M.J., PAIGE, J.T., AGGARWAL, R., STEFANIDIS, D., TSUDA, S., KHAJURIA, A., ARORA, S. and Association for Surgical Education Simulation Committee. An overview of research priorities in surgical simulation: what the literature shows has been achieved during the 21st century and what remains. **The American Journal of Surgery**, v. 211, n. 1, p. 214-225, 2016.

JONES, S. S., EVANS, R. S. An agent based simulation tool for scheduling emergency department physicians. In: **AMIA Annual Symposium Proceedings**, v. 2008, p. 338. American Medical Informatics Association. 2008.

JOSEPH, N.; NELLIYANIL, M.; JINDAL, S.; UTKARSHA, U.; ABRAHAM, A. E.; ALOK, Y.; SRIVASTAVA, N.; LANKESHWAR, S. Perception of Simulation-based Learning among Medical Students in South India. **Annals of medical and health sciences research**, v. 5, n. 4, p. 247-252, 2015.

JUNG, D., LEE, S. H., KANG, S. J., KIM, J. H. Development and evaluation of a clinical simulation for new graduate nurses: A multi-site pilot study. **Nurse Education Today**, v. 49, p. 84-89, 2017.

KANG, G., MÁRQUEZ, C., BARAT, A., BYRNE, A. T., PREHN, J. H., SORRIBES, J., CÉSAR, E. Colorectal tumour simulation using agent based modelling and high performance computing. **Future Generation Computer Systems**, v. 67, p. 397-408, 2017.

KASAIIE, P.; KELTON, W. D. **Guidelines for design and analysis in agent-based simulation studies**. In: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington beach, CA, USA, 2015.

KELTON, D. W.; LAW, A. M. **Simulation Modeling and Analysis**. Boston: McGraw Hill, 2000.

KELTON, D. W.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**. New York: McGraw-Hill Education, 2008

KITTIPITTAYAKORN, C., YING, K. C. Using the Integration of Discrete Event and Agent-Based Simulation to Enhance Outpatient Service Quality in an Orthopedic Department. **Journal of healthcare engineering**, 2016.

KOLB, D. **Experiential learning**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 1984.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Fitting the Task to the Human**. Bristol, PA: Taylor & Francis, 1997.

- LAI, A., HALIGUA, A., BOULD, M. D., EVERETT, T., GALE, M., PIGFORD, A. A., BOET, S. (2016). Learning crisis resource management: Practicing versus an observational role in simulation training—a randomized controlled trial. **Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine**, v. 35, n. 4, p. 275-281, 2016.
- LANDMAN, A. B., REDDEN, L., NERI, P., POOLE, S., HORSKY, J., RAJA, A. S., POZNER, C. N., SCHIFF, G., POON, E. G. Using a medical simulation center as an electronic health record usability laboratory. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 21, n. 3, p. 558-563, 2014.
- LANDRISCINA, F. Simulation-Based Learning: Open questions and guidelines for the instructionally effective use of simulation. **Journal per la formazione in rete**, v. 13, n. 2, p. 68-76, 2015.
- LAW, A. M.; KELTON, D. W. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- LENDAHLS, L., OSCARSSON, M. G. Midwifery students' experiences of simulation-and skills training. **Nurse Education Today**, v. 50, p. 12-16, 2017.
- LI, Y., LAWLEY, M. A., SISCOVICK, D. S., ZHANG, D., PAGÁN, J. A. Peer Reviewed: Agent-Based Modeling of Chronic Diseases: A Narrative Review and Future Research Directions. **Preventing chronic disease**, v. 13, 2016.
- LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology. New York: Columbia University Press, 1931.
- LILJEGREN, E. Usability in a medical technology context assessment of methods for usability evaluation of medical equipment. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 36, n. 4, p. 345-352, 2006.
- LIU, Z., REXACHS, D., EPELDE, F., LUQUE, E. A simulation and optimization based method for calibrating agent-based emergency department models under data scarcity. **Computers & Industrial Engineering**, v. 103, p. 300-309, 2017.
- LIU, P., WU, S. An agent-based simulation model to study accountable care organizations. **Health care management science**, v. 19, n. 1, p. 89-101. 2016.
- LOPES, M. A., ALMEIDA, Á. S., ALMADA-LOBO, B. Forecasting the medical workforce: a stochastic agent-based simulation approach. **Health Care Management Science**, 1-24, 2016.
- LUO, W.; PELLETIER, J.; DUFFIN, K.; ORMAND, C.; HUNG, W. C.; SHERNOFF, D. J.; ZHAI, X.; IVERSON, E.; WHALLEY, K.; GALLAHER, C.; FURNESS, W. Advantages of Computer Simulation in Enhancing Students' Learning About Landform Evolution: A Case Study Using the Grand Canyon. **Journal of Geoscience Education**, v. 64, n. 1, p. 60-73, 2016.
- MACAL, C. M.; NORTH, M. J. **Introductory Tutorial: Agent-based Modeling and Simulation**. In: Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 2013.
- MAGUIRE, M. Methods to support human-centered design. **International journal of human-computer studies**, v. 55, n. 4, p. 587-634, 2001.

MALAKOOTI, M. R.; MCBRIDE, M. E.; MOBLEY, B.; GOLDSTEIN, J. L.; ADLER, M. D.; MCGAGHIE, W. C. Mastery of Status Epilepticus Management via Simulation-Based Learning for Pediatrics Residents. **Journal of graduate medical education**, v. 7, n. 2, p. 181-186, 2015.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. **Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção**. São Paulo: Atlas, 2014. 224 p.

MARTINS, V. C. **Aplicação do Teste de Usabilidade em aparelho medidor de pressão digital de pulso**. Trabalho Final de Graduação – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG, 2016,

MCLOONE, H.; HEGG, C.; JOHNSON, P. **Evaluation of Microsoft's comfort curve keyboard**. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society's 49th Annual Meeting, Santa Monica, CA, USA, p. 1359–1363, 2004.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A. C. C.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. M. M.; MORABITO, R. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R. N.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, S. E. G.; PUREZA, V. M. M. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 99 p.

MILLER, B. A., KIMBLE, L. P., SUDIA, T., GEE, R. M. A Phenomenological Inquiry of the Perceptions of Simulation among ADN Students with Prior Health Care Experience. **Teaching and Learning in Nursing**, v. 11, n. 4, p. 189-193, 2016.

MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the system age: two schemas for the study of science as a whole system phenomenon. **Interfaces**. v.4, n.3, p.46-58, 1974.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. **Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company**. In: Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, Baltimore, MD, USA, 2010.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; MARINS, F. A. S. **Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry**. In: Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA, 2007.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. 643p.

MORITA, P. P., CAFAZZO, J. A. Challenges and paradoxes of human factors in health technology design. **JMIR Human Factors**, v. 3, n. 1, 2016.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C.; ANDERSON-COOK, C. M. **Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Design of Experiments**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009. 704p.

NAGYKALDI, Z. J., JORDAN, M., QUITORIANO, J., CIRO, C. A., MOLD, J. W. User-centered design and usability testing of an innovative health-related quality of life module. **Applied clinical informatics**, v. 5, n. 4, p. 958-970, 2014.

NELSON, R.E., JONES, M., LEECASTER, M., SAMORE, M.H., RAY, W., HUTTNER, A., HUTTNER, B., KHADER, K., STEVENS, V.W., GERDING, D., SCHWEIZER, M.L. An economic analysis of strategies to control clostridium difficile transmission and infection using an agent-based simulation model. **PloS one**, v. 11, n. 3, e0152248, 2016.

NIELSEN, J. Usability inspection methods. In: **Conference companion on Human factors in computing systems**, p. 413-414. ACM, 1994.

NORTH, M. J.; MACAL, C. M. **Managing Business Complexity Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation**. New York: Oxford University Press, Inc., 2007. 326 p.

NUNES, D. L. **Análise das contribuições da simulação baseada em agentes em um projeto de simulação de um processo produtivo**. Dissertação – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG, 2015.

ÖZMEN, Ö., NUTARO, J. J., PULLUM, L. L., RAMANATHAN, A. Analyzing the impact of modeling choices and assumptions in compartmental epidemiological models. **Simulation**, v. 92, n. 5, p. 459-472, 2016.

PAGE-CUTRARA, K., TURK, M. Impact of prebriefing on competency performance, clinical judgment and experience in simulation: An experimental study. **Nurse Education Today**, v. 48, p. 78-83, 2017.

PAI, H. C. An integrated model for the effects of self-reflection and clinical experiential learning on clinical nursing performance in nursing students: A longitudinal study. **Nurse Education Today**, v. 45, p. 156-162, 2016.

PALAGANAS, J. C., BRUNETTE, V., WINSLOW, B. Prelicensure Simulation-Enhanced Interprofessional Education: A Critical Review of the Research Literature. **Simulation in Healthcare**, v. 11, n. 6, p. 404-418, 2016.

PELAYO, S., ONG, M. S. Human Factors and Ergonomics in the Design of Health Information Technology: Trends and Progress in 2014. **Yearbook of medical informatics**, v. 10, n. 1, p. 75, 2015.

PEREIRA, T. F. **Gestão do Conhecimento em Projetos de Simulação a Eventos Discretos**. Dissertação - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2014.

PEREIRA, T. F.; MIRANDA; R. C.; MONTEVECHI, J. A. B. **Gestão do conhecimento em projetos de simulação: um estudo de caso**. In: XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, RN, 2013.

PERSSON, J. A review of the design and development processes of simulation for training in healthcare—A technology-centered versus a human-centered perspective. **Applied Ergonomics**, v. 58, p. 314-326, 2017.

PIDD, M. **Computer Simulation in Management Science**. 5. ed. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2004.

PIETSCH, U., KNAPP, J., NEY, L., BERNER, A., LISCHKE, V. Simulation-Based Training in Mountain Helicopter Emergency Medical Service: A Multidisciplinary Team Training Concept. **Air Medical Journal**, v. 35, n. 5, p. 301-304, 2016.

PODOLEFSKY, N. S.; MOORE, E. B.; PERKINS, K. K. Implicit scaffolding in interactive simulations: Design strategies to support multiple educational goals. **arXiv preprint arXiv: 1306.6544**, 2013.

PRESS, A., MCCULLAGH, L., KHAN, S., SCHACHTER, A., PARDO, S., MCGINN, T. Usability testing of a complex clinical decision support tool in the Emergency Department: lessons learned. **JMIR Human Factors**, v. 2, n. 2, 2015.

RAMASUNDARM, V.; GRUNWALD, S.; MANGEOT, A.; COMERFORD, N. B.; BLISS, C. M. Development of an environmental virtual field laboratory. **Computers**, v. 45, n. 1, p. 21–34, 2005.

RASHWAN, W.; ARISHA, A. **Modeling behavior of nurses in clinical medical unit in university hospital: burnout implications**. In: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington beach, CA, USA, 2015.

REASON, J. Human error: models and management. **BMJ**, v. 320, n. 7237, p. 768-770, 2000.

REYNOLDS, M.; VASILAKIS, C.; MCLEOD, M.; BARBER, N.; MOUNSEY, A.; NEWTON, S.; JACKLIN, A.; FRANKLIN, B.D. Using discrete event simulation to design a more efficient hospital pharmacy for outpatients. **Health Care Management Science**, v. 14, n. 3, p. 223–236, 2011.

ROBINSON, S. Discrete-event simulation: A primer. In: **Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making**. John Wiley & Sons, 2014. P. 10-25.

ROCHA, F. **Integração da simulação a eventos discretos e mapeamento do fluxo de valor para melhoria do sistema de distribuição de medicamentos em um hospital**. Dissertação – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2014.i

ROCHA, A. P. F., de SOUZA, K. R., TEIXEIRA, L. R. A saúde e o trabalho de médicos de UTI neonatal: um estudo em hospital público no Rio de Janeiro. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, 2015.

RUBIN, J.; CHISNELL, D. **Handbook of usability testing: how to plan, design and conduct effective tests**. John Wiley & Sons, 2008.

RUBIO-CAMPILLO, X. Pandora: A versatile agent-based modelling platform for social simulation. In: **Proceedings of SIMUL 2014**, The Sixth International Conference on Advances in System Simulation, IARIA Publishing, pp. 29–34, 2014.

SAFREN, M. A., CHAPANIS, A. A critical incident study of hospital medication errors. **Nursing Research**, v. 9, n. 4, p. 223, 1960.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I., **Simulação Baseada em Agentes (SBA) para modelagem de sistema de operações**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, v. 12, 2009.

SALMAN, H. M.; KAMARUDDIN, A.; AFFENDEY, L. S.; MANSOR, E. I.; RAHMAT, R. W. O.; JANTAN, A. H. Using heuristic evaluation to improve the usability of electronic medical record (EMR) mobile interface of the cardiothoracic surgery and anesthesia system (CSAS). **Jurnal Teknologi**, v. 77, n. 7, 2015.

SARGENT, R. G. **An Introductory Tutorial on Verification and Validation of Simulation Models**. In.: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington Beach, CA, USA, 2015.

SCHÖN, D. A. **Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Trad. Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000, 256p.

SHIM, S. J., KUMAR, A. Simulation for emergency care process reengineering in hospitals. **Business Process Management Journal**, v. 16, n. 5, p. 795-805, 2010.

SHTUB, A. New Product Development - Experience from Distance Learning and Simulation-Based Training. **Creative Education**, v. 7, n. 1, p. 105, 2016.

SIEBERS, P. O.; MACAL, C. M.; GARNETT, J.; BUXTON, D.; PIDD, M. Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation! **Journal of Simulation**, v. 4, n. 3, p. 204-210, 2010.

SIGALET, E. L., DAVIES, J. L., SCOTT, E. A., BRISSEAU, G. F., SHUMWAY, J. B., BLACKIE, B. J. Designing interprofessional simulation based faculty development in a new women and children's hospital in the Middle East: A pilot study. **Journal of Taibah University Medical Sciences**, v. 11, n. 6, p. 594-600, 2016.

SILVA, P. A. P. **Projeto de parâmetros robustos para um sistema de refrigeração utilizando arranjo combinado de superfície de resposta**. Dissertação – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG, 2016.

SMELT, J. L., PHILLIPS, S., HAMILTON, C., FRICKER, P., SPRAY, D., NOWELL, J. L., JAHANGIRI, M. Simulator Teaching of Cardiopulmonary Bypass Complications: A Prospective, Randomized Study. **Journal of Surgical Education**, v. 73, n. 6, p. 1026-1031, 2016.

SMETANA, L. K.; BELL, R. L. Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 9, p. 1337-1370, 2012.

SOUZA, C. S.; IGLESIAS, A. G.; PAZIN-FILHO, A. Estratégias inovadoras para métodos de ensino tradicionais–aspectos gerais. **Medicina** (Ribeirão Preto. Online), v. 47, n. 3, p. 284-292, 2014.

STANDISH, R. K., LEOW, R. **Ecolab: Agent based modeling for C++ programmers**, CoRR cs.MA/0401026.

STORY, M. F. **The FDA perspective on human factors in medical device development**. In: IQPC Software Design for Medical Devices Europe, 2012.

STRACK, J. **GPSS: Modelagem e simulação de sistemas**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

TAVAKOL, M.; DENNICK, R. Making sense of Cronbach's alpha. **International journal of medical education**, v. 2, p. 53, 2011.

TIMM, I. J.; LORIG, F. **A survey on methodological aspects of computer simulation as research technique**. In.: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington Beach, CA, USA, 2015.

TIMMINGS, C., KHAN, S., MOORE, J. E., MARQUEZ, C., PYKA, K., STRAUS, S. E. Ready, Set, Change! Development and usability testing of an online readiness for change decision support tool for healthcare organizations. **BMC medical informatics and decision making**, v. 16, n. 1, p. 24, 2016.

TORGA, B. L. M. **Modelagem, Simulação e Otimização em Sistemas Puxados de Manufatura**. Dissertação – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG, 2007.

TOWNE, D.; JONG, T.; SPADA, H. **Simulation-based experiential learning**. Vol. 122. Springer Science & Business Media, 2012.

TSUBOI, S.; ANDO, K.; MIYOSHI, T.; PETER, D.; KOMATITSCH, D.; TROMP, J. A 1.8 trillion degrees-of-freedom, 1.24 petaflops global seismic wave simulation on the K computer. **International Journal of High Performance Computing Applications**, 2016.

TURNER-BOWKER, D. M., SARIS-BAGLAMA, R. N., SMITH, K. J., DEROSA, M. A., PAULSEN, C. A., HOGUE, S. J. Heuristic evaluation and usability testing of a computerized patient-reported outcomes survey for headache sufferers. **Telemedicine and e-Health**, v. 17, n. 1, p. 40-45, 2011.

TÜZÜN, H.; TELLİ, E.; ALİR, A. Usability testing of a 3D touch screen kiosk system for way-finding. **Computers in Human Behavior**, v. 61, p. 73-79, 2016.

VARGA, C. R. R.; ALMEIDA, V. D. C.; GERMANO, C. M. R.; MELO, D. G.; CHACHÁ, S. G. F.; SOUTO, B. G. A.; FONTANELLA, B. J. B.; LIMA, V. V. Relato de experiência: o uso de simulações no processo de ensino-aprendizagem em medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 33, n. 2, p. 291-7, 2009.

VINCENT, C. J., BLANDFORD, A. How do health service professionals consider human factors when purchasing interactive medical devices? A qualitative interview study. **Applied Ergonomics**, v. 59, p. 114-122, 2017.

XIE, Y., PENG, Q. Integration of value stream mapping and agent-based modeling for OR improvement. **Business Process Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 585-599, 2012.

WANG, Z., BUTNER, J. D., CRISTINI, V., DEISBOECK, T. S. Integrated PK-PD and agent-based modeling in oncology. **Journal of pharmacokinetics and pharmacodynamics**, v. 42, n. 2, p. 179-189, 2015.

WANG, T., GUINET, A., BELAIDI, A. AND BESOMBES, B. Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena. Case study: the Emergency Department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital, **Production Planning & Control**, v. 20, n. 6, p. 484-95, 2009.

WARES, J. R., LAWSON, B., SHEMIN, D., D'AGATA, E. M. Evaluating Infection Prevention Strategies in Out-Patient Dialysis Units Using Agent-Based Modeling. **PloS one**, v. 11, n. 5, e0153820. 2016.

WATERMAN, B. R., MARTIN, K. D., CAMERON, K. L., OWENS, B. D., BELMONT, P. J. Simulation training improves surgical proficiency and safety during diagnostic shoulder arthroscopy performed by residents. **Orthopedics**, v. 39, n. 3, e479-e485, 2016.

WEST, C., GRAHAM, L., PALMER, R. T., MILLER, M. F., THAYER, E. K., STUBER, M. L., AWDISHU, L., UMOREN, R. A., WAMSLEY, M. A., NELSON, E. A., JOO, P. A. Implementation of interprofessional education (IPE) in 16 US medical schools: common practices, barriers and facilitators. **Journal of Interprofessional Education & Practice**, v. 4, p. 41-49, 2016.

WIKLUND, M. E.; KENDLER, J.; STROCHLIC, A. Y. **Usability testing of medical devices**. CRC Press, 2015.

WILLIS, M. H., FRIGINI, L. A., LIN, J., WYNNE, D. M., SEPULVEDA, K. A. Clinical Decision Support at the Point-of-Order Entry: An Education Simulation Pilot with Medical Students. **Academic Radiology**, v. 23, n. 10, p. 1309-1318, 2016.

WINTER SIMULATION CONFERENCE ARCHIVE. Disponível em: <<http://informs-sim.org/>>. Acessado em: 30 de agosto de 2016.

WINTERS, N. **An introduction to technology enhanced learning design in postgraduate medical education**. In: Luckin, R., Puntambekar, S., Goodyear, P., Grabowski, B., Underwood, J., Winters, N. (Eds.), *Handbook of Design in Educational Technology*. Routledge, New York, p. 301e309, 2013.

WOOD, A.; RYCHLOWSKA, M.; KORB, S.; NIEDENTHAL, P. Fashioning the Face: Sensorimotor Simulation Contributes to Facial Expression Recognition. **Trends in Cognitive Sciences**, v. XX, p. 1–14, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 10 facts on patient safety. Disponível em: <http://www.who.int/features/factfiles/patient_safety/en/>. Acessado em 27 de fevereiro de 2017.

YILMAZ, L. **Concepts and Methodologies for Modeling and Simulation**. Springer, 2015.

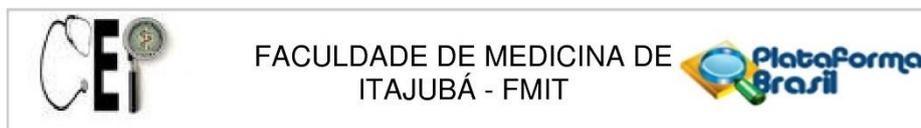
YU, Z., ROUSE, W., SERBAN, N., VERAL, E. (2016). A data-rich agent-based decision support model for hospital consolidation. **Journal of Enterprise Transformation**, v. 6, n. 3-4, p. 136-161, 2016.

ZEHE, D.; CAI, W.; KNOLL, A.; AYDT, H. **Tutorial on a modeling and simulation cloud service**. In: *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington Beach, CA, USA, 2015*.

ZHANG, J.; JOHNSON, T. R.; PATEL, V. L.; PAIGE, D. L.; KUBOSE, T. Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices. **Journal of biomedical informatics**, v. 36, n. 1, p. 23-30, 2003.

ZIMMERMAN, D. M., HOUSE, P. Medication safety: simulation education for new RNs promises an excellent return on investment. **Nursing Economics**, v. 34, n. 1, p. 49, 2016.

ANEXO 1 – Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aplicação de simulação baseada em agentes no treinamento de profissionais de saúde de uma incubadora neonatal

Pesquisador: Elisa Maria Melo Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 59968416.0.0000.5559

Instituição Proponente: Universidade Federal de Itajubá

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.781.962

Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa quali-quantitativa de caráter exploratório que viabilizará o desenvolvimento de ferramenta de Ensino baseada em simulação de um painel de controle de uma incubadora neonatal.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo da pesquisa é reproduzir o painel de controle de uma incubadora neonatal por meio da simulação baseada em agentes para aprendizado de seus usuários.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Tanto os riscos quanto os benefícios foram relatados de forma satisfatória no projeto. Atendem à resolução 466/2012.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa proposta é relevante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram devidamente preenchidos e encaminhados. Encontram-se adequados.

Recomendações:

Recomendo a aprovação do projeto de pesquisa.

Endereço: Av. Rennó Júnior, 368
Bairro: São Vicente **CEP:** 37.502-138
UF: MG **Município:** ITAJUBA
Telefone: (35)3629-8700 **Fax:** (35)3629-8702 **E-mail:** paulojoc@yahoo.com.br



Continuação do Parecer: 1.781.962

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto não apresenta pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_784775.pdf	10/10/2016 10:38:01		Aceito
Outros	Pos_teste.pdf	10/10/2016 10:37:06	Elisa Maria Melo Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeConsentimento.pdf	10/10/2016 10:36:28	Elisa Maria Melo Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetodePesquisaCEPElisa2.pdf	10/10/2016 10:35:29	Elisa Maria Melo Silva	Aceito
Outros	AutorizacaoCoparticipantes.pdf	10/10/2016 10:31:16	Elisa Maria Melo Silva	Aceito
Outros	Pre_teste.pdf	30/08/2016 15:36:07	Elisa Maria Melo Silva	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto2.pdf	30/08/2016 15:21:51	Elisa Maria Melo Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ITAJUBA, 19 de Outubro de 2016

Assinado por:
Paulo José Oliveira Cortez
(Coordenador)

Endereço: Av. Rennó Júnior, 368
Bairro: São Vicente CEP: 37.502-138
UF: MG Município: ITAJUBA
Telefone: (35)3629-8700 Fax: (35)3629-8702 E-mail: paulojoc@yahoo.com.br

PUBLICAÇÃO E SUBMISSÃO DE ARTIGOS

Artigos e pôster publicados em anais de congressos:

SILVA, E. M. M.; PEREIRA, T. F.; CUSTODIO, R. A. R.; MONTEVECHI, J.A.B.; BANERJEE, A. Application of Agent-based Simulation on the Learning Process of Healthcare Professional Users. In: Human Factor and Ergonomics Society Symposium, Houston – TX, 2016.

SANTOS, G. L.; SENA, D. C.; **SILVA, E. M. M.**; LEAL, F.; QUEIROZ, J. A. Aplicação da Simulação Híbrida a Eventos Discretos e Contínuos para Estudo da Variação da Oferta de Leite em uma Fábrica de Laticínios In: XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto de Galinhas – PE, 2015.

MONTEVECHI, J.A.B.; SENA, D. C.; **SILVA, E. M. M.**; COSTA, A. P. R.; SCHEIDEGGER, A. P. G. Hybrid Simulation of Production Process of Pupunha Palm In: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Huntington beach, CA, USA, 2015.

SILVA, P. A. P.; GOMES, J. H. F.; BRITO, T. G.; PAIVA, A. P.; **SILVA, E. M. M.** Otimização Robusta Multi-objetivo das Rugosidades Ry e Rz em um Processo de Fresamento de Topo para o Aço ABNT 1045 In: XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto de Galinhas – PE, 2015.

SILVA, E. M. M.; SENA, D. C.; COSTA, A. P. R.; PINHO, A. F. Simulação Híbrida do Processo Produtivo do Palmito de Pupunha In: XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto de Galinhas – PE, 2015.

SANTOS, G. L.; **SILVA, E. M. M.**; QUEIROZ, J. A.; LEAL, F. Contabilidade de Ganhos como Auxílio à Tomada de Decisão em uma Fábrica de Laticínios In: XXX Congresso Nacional de Laticínios, Juiz de Fora – MG, 2015.

SILVA, E. M. M.; SENA, D. C.; GUTIERRES, J. C. M.; GOMES, J. H. F. Análise Quantitativa de Subjetividade: Um Exemplo de Concordância por Atributos In: XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Salvador – BA, 2014.

ARAÚJO, B. V. D.; SENA, D. C.; **SILVA, E. M. M.**; LIMA, J. P.; PINHO, A. F. Programação de Projetos de Engenharia com Restrição de Recursos através de um Algoritmo utilizando VBA In: XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba – PR, 2014.

Artigo aceito para publicação em periódico:

SENA, D. C.; **SILVA, E. M. M.**; COSTA, A. P. R.; MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A. F.; MIRANDA, R. C. Dynamic Allocation of Additional Human Resources Using Hybrid Simulation. International Journal of Simulation Modelling, v. 16, n. 2, 2017.

Artigo submetido para publicação em periódico:

SILVA, E. M. M.; MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A. F.; CUSTÓDIO, R. A. R.; SENA, D. C. Application of Agent-based Simulation in the Development of a Simulation-based Learning Device. Computers & Education.