



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Aplicadas



PEDRO HENRIQUE RIBEIRO BOTENE

**UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO NA SIMULAÇÃO A EVENTOS
DISCRETOS EM LEAN HEALTHCARE**

LIMEIRA
2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Aplicadas



PEDRO HENRIQUE RIBEIRO BOTENE

**UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO NA SIMULAÇÃO DE
EVENTOS DISCRETOS EM LEAN HEALTHCARE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura na área de Pesquisa Operacional e Gestão de Processos.

Orientador: Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO PEDRO HENRIQUE RIBEIRO BOTENE, E ORIENTADA PELO PROF. DR. ANIBAL TAVARES DE AZEVEDO.

LIMEIRA

2024

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Ana Luiza Clemente de Abreu Valério - CRB 8/10669

B657a Botene, Pedro Henrique Ribeiro, 1997-
Uma abordagem multicritério na simulação a eventos discretos em *lean healthcare* / Pedro Henrique Ribeiro Botene. – Limeira, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Anibal Tavares de Azevedo.
Coorientador: Paulo Sergio de Arruda Ignácio.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Simulação (Computadores). 2. Tomada de decisões. 3. Análise multicritério
. I. Azevedo, Anibal Tavares de, 1977-. II. Ignácio, Paulo Sergio de Arruda, 1963-. III. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Ciências Aplicadas. IV. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: A multi-criteria approach in discrete event simulation within lean healthcare

Palavras-chave em inglês:

Computer simulation

Decision making

Multi-criteria decision analysis (MCDA)

Área de concentração: Pesquisa Operacional e Gestão de Processos

Titulação: Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura

Banca examinadora:

Paulo Sergio de Arruda Ignácio [Coorientador]

José Luiz Pereira Brittes

André de Lima

Data de defesa: 14-08-2024

Programa de Pós-Graduação: Engenharia de Produção e de Manufatura

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

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-6058-1463>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8678953307262293>

Folha de Aprovação

Autor(a): Pedro Henrique Ribeiro Botene

Título: Uma abordagem multicritério na simulação de eventos discretos em Lean Healthcare

Natureza: Dissertação

Área de Concentração: Métodos de apoio à tomada de decisão

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/Unicamp

Data da Defesa: Limeira-SP, 14 de Agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo (orientador)
Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA/Unicamp

Prof. Dr. José Luiz Pereira Brittes (membro)
Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA/Unicamp

Prof. Dr. André de Lima (membro externo)
Escola de Engenharia de Piracicaba - EEP

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

À minha esposa Larissa e aos meus pais, Damiana e Paulo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Aníbal Tavares de Azevedo, pela excelente orientação e diálogos sempre produtivos e incentivadores.

Ao Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignacio, pela coorientação e por sugerir acréscimos significativos na dissertação.

Ao Prof. Me. Lucas Antonio Risso e a FlexSim Brasil, pelo apoio e colaboração na produção do estudo de caso.

Agradeço, de forma muito especial, ao Prof. Dr. André de Lima por aceitar fazer parte da banca, pela amizade e pelas orientações de sempre.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

“Grandes coisas vêm do trabalho duro e perseverança. Sem desculpas”.

Kobe Bryant.

RESUMO

Assegurar o bem-estar é o objetivo mais importante de qualquer entidade hospitalar em todo o mundo. Em um cenário de população crescente e envelhecida, aumento de casos de doenças crônicas e crises de saúde, a atenção à saúde representa um quebra-cabeças para todos os países. Além disso, o conjunto de serviços oferecidos pelos hospitais têm um nível significativo de riscos, fazendo com que sua administração seja complexa e cara. Por conta destes fatores, os hospitais e prestadores de serviços de todo o mundo estão sendo desafiados a buscar métodos ou soluções para que sejam mais competitivos e apresentem um melhor desempenho. Dentre estas metodologias, destacam-se o Lean Healthcare e a Simulação a Eventos Discretos. Apesar de terem finalidades semelhantes, a de melhorar processo hospitalar, as metodologias apresentam algumas barreiras de implementação como problemas com experimentação direta, falha em produzir resultados tangíveis, medidas de performance inadequadas, o não foco na eliminação dos desperdícios e falha na seleção de projetos de melhoria. Para suprir estes efeitos, é importante que os profissionais da área da saúde utilizem métodos quantitativos para que a tomada de decisão seja baseada em dados, evidências e experiência. Portanto, esta dissertação tem como objetivo definir uma sistemática para avaliação e seleção efetiva de projetos de melhoria envolvendo Lean e Simulação a Eventos Discretos em ambientes hospitalares com o uso do método Promethee II. Esta sistemática integrativa é uma poderosa ferramenta para a otimização da eficiência em hospitais. Ao combinar modelagem detalhada e realista com uma avaliação multicritério rigorosa e uma filosofia que busca melhorias, os gestores hospitalares podem tomar decisões mais estruturadas e eficazes, melhorando não apenas a eficiência operacional, mas também a qualidade do atendimento prestado aos pacientes.

Palavras-chave: Simulação (Computadores), Tomada de decisões, Análise multicritério.

ABSTRACT

Well-being is the most important objective of any hospital organization in the world. In a context of a growing and ageing society, an increase in the number of chronic diseases and health crises, health care represents a puzzle for all countries. In addition, the range of services offered by hospitals carries a significant level of risk, making their management complex and expensive. Because of these factors, hospitals and service providers around the world are being challenged to find methods or solutions in order to be more competitive and deliver better services. Among these methodologies, Lean Healthcare and Discrete Event Simulation are notable. Despite having similar intentions such as improving hospital processes, the methodologies face some implementation barriers, such as problems with direct experimentation, failure to produce tangible results, inadequate performance measures, failure to focus on eliminating waste and failure to properly select improvement projects. To overcome these challenges, it is important for healthcare professionals to use quantitative methods so that decision-making is based on data, evidence and experience. Therefore, this study aims to define a system for the effective evaluation and selection of improvement projects involving Lean and Discrete Event Simulation in hospital environments using the Promethee II method. This integrative system is a powerful tool for optimizing efficiency in hospitals. By combining detailed and realistic modeling with accurate multi-criteria evaluation and an improvement-seeking philosophy, hospital managers can make more structured and effective decisions, improving not only operational efficiency, but also the quality of care provided to patients.

Keywords: Computer simulation, Decision making, Multi-criteria decision analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Casa STP	21
Figura 2 – Desperdícios a serem eliminados	22
Figura 3 - Evolução dos setores de aplicação do Lean.....	24
Figura 4 - Evolução do conceito Lean ao longo dos anos	25
Figura 5 - Classificação dos modelos de simulação	30
Figura 6 - Principais passos necessários para simulação.....	32
Figura 7 - Agrupamento das co-ocorrências de palavras-chave.....	34
Figura 8 - Utilização das técnicas de simulação ao longo dos anos	35
Figura 9 - Fluxograma da condução da pesquisa	37
Figura 10 - Produção anual.....	39
Figura 11 - Publicações por país.....	40
Figura 12 - Produção dos autores ao longo dos anos	42
Figura 13 - Desperdícios mais encontrados.....	44
Figura 14 - Softwares de simulação a eventos discretos	46
Figura 15 - Variáveis dos modelos	47
Figura 16 - Relações de preferência	57
Figura 17- Fluxo positivo do PROMETHEE	58
Figura 18- Fluxo negativo do PROMETHEE	58
Figura 19 - Classificação geral da pesquisa	61
Figura 20 - Sequenciamento das atividades da pesquisa.....	63
Figura 21 - Fluxograma da operação hospitalar	65
Figura 22 – Modelo de simulação base para o estudo	67
Figura 23 – Lógica da construção da otimização combinatória	68
Figura 24 - Modelagem da decisão multicritério com PROMETHEE.....	72
Figura 25 - Plano Gaia para demandas urgentes	74
Figura 26 - Plano Gaia para demandas padrão	75
Figura 27 - Plano Gaia para demandas não urgentes.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise das top 10 revistas com mais citações.....	41
Tabela 2 - Publicações mais citadas	43
Tabela 3 - Dados da construção do modelo.....	66
Tabela 4 - Combinações da otimização combinatória.....	69
Tabela 5 - Otimização combinatória	73
Tabela 6 - Resultados da combinação 23 para todos os perfis	77
Tabela 7 - Resultados da combinação 23 para todos os perfis	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Oito categorias de classificação de desperdícios.....	23
Quadro 2 – Os oito desperdícios do Lean em serviços da saúde.....	26
Quadro 3 - Etapas na cadeia de valor de um serviço de saúde.....	27
Quadro 4 - Lista de ferramentas, métodos e princípios.....	28
Quadro 5 - Protocolo geral da revisão	36
Quadro 6 - Potenciais causas de falhas em projetos de simulação a eventos discretos.....	50
Quadro 7 - Potenciais causas de falhas em projetos Lean Healthcare.....	51
Quadro 8- Tipos dos critérios das funções generalizadas.....	56
Quadro 9 - Visão geral dos artigos analisados	92

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	O CONCEITO <i>LEAN</i> E SUA ORIGEM.....	19
2.2	<i>LEAN HEALTHCARE (LH)</i>	24
2.3	SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS (SED)	29
2.4	<i>LEAN HEALTHCARE SIMULATION</i>	33
2.4.1	ETAPA 1 – PLANEJAMENTO DA REVISÃO	33
2.4.2	ETAPA 2 – CONDUÇÃO DA REVISÃO	36
2.4.3	ETAPA 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
2.4.3.1	BIBLIOMETRIA GERAL.....	38
2.4.3.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS.....	44
2.4.1	OPORTUNIDADES DE DESENVOLVIMENTO SOB A ÓTICA DA LITERATURA	47
2.5	SELEÇÃO DE PROJETOS COM MÉTODOS MULTICRITÉRIO	53
2.5.1	<i>PROMETHEE</i>	53
2.5.2	<i>PROMETHEE I E II</i>	60
3.	MÉTODO	61
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	61
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	62
3.3	FRAMEWORK DE APLICAÇÃO	64
4.	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO.....	71
4.1	SISTEMÁTICA DE TOMADA DE DECISÃO	71
5.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	79
5.1	CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO	80
6.	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

1. INTRODUÇÃO

O setor de serviços vem ganhando cada vez mais força no desenvolvimento das economias mundiais. Atenção especial deve ser dada a área da saúde, que apresenta um cenário de população crescente e envelhecida, aumento de casos de doenças crônicas e crises de saúde, mental e comportamental. Estes fatores desafiam governos, hospitais e prestadores de serviços de saúde em todo o mundo a dinamizar, adaptar e inovar para atender melhor às necessidades de saúde das pessoas (ALLEN, 2020).

Segundo a última pesquisa divulgada pelo IBGE (2020), a Pesquisa Nacional da Saúde, a esfera da saúde demonstra crescimento da demanda da população brasileira, o que resulta numa maior necessidade de atendimento dos hospitais.

La Forgia e Couttolenc (2008) afirmam que a atenção à saúde representa um quebracabeça para todos os países, e os hospitais são os componentes mais importantes para este meio, visto que eles são o centro do sistema de saúde. O conjunto de serviços oferecidos pelos hospitais apresenta um nível significativo de riscos, tornando a sua administração complexa e cara e a sua supervisão e controle extremamente desafiadores (FILLINGHAM, 2007; LA FORGIA; COUTTOLENC, 2008).

Neste cenário, é importante que os hospitais busquem métodos ou soluções para que sejam mais competitivos e apresentem um melhor desempenho.

Para a melhoria de seus processos, as indústrias de alta performance utilizam abordagens multidisciplinares, principalmente nas áreas de engenharia, informática e gestão. Deste modo, as organizações de alta performance na área da saúde iniciaram a aplicação destas metodologias nas últimas décadas (JOINT COMMISSION RESOURCES, 2013).

Dentre estas metodologias, destaca-se o *Lean Thinking* (WOMACK; JONES, 1997). Apesar de ter sido desenvolvida no ambiente industrial, a metodologia passou por evoluções em seu conceito, passando a ser aplicada em diversos setores como forma de otimizar processos e serviços. No âmbito hospitalar, esta metodologia ficou conhecida como *Lean Healthcare*. Para Aherme e Whelton (2010), este pensamento pode ser utilizado para reduzir custos enquanto a satisfação dos pacientes é elevada, dispor melhor qualidade de atendimento, aumentar a satisfação dos funcionários e manter uma alta eficiência do serviço.

Entretanto, em projetos de pensamento enxuto tradicionais, costuma-se mapear os processos para se obter um mapa do estado atual, que depois de analisado pela equipe de

projetos, será redesenhado e apresentado um mapa para o estado futuro ideal. Então, este modelo entra em um ciclo de experimentação direta que, muitas vezes, requer a interrupção da linha de produção até quando, finalmente, são implementadas melhorias que refletem resultados satisfatórios. Como resultado da experimentação direta, tem-se a implementação de um projeto que custa caro, pois a equipe é constantemente surpreendida por fatores não identificados no mapeamento do estado futuro, incorrendo mais horas e interrupções do processo. E por isso, são consideradas tradicionais, pois atualmente existem programas de computador que permitem analisar e testar diferentes mudanças com baixo custo, pequena equipe e sem a interrupção dos serviços ou processos.

Portanto, as práticas tradicionais de aplicação de melhorias podem ser substituídas pela utilização de técnicas de modelagem e simulação computacional, que funcionam com uma poderosa ferramenta para tomada de decisão.

Em vista disto, alguns autores iniciaram a aplicação dos conceitos de *Lean* e Simulação a Eventos Discretos em conjunto, que pode ser chamada de *Lean Healthcare Simulation* (CAMPOS; QUEIROZ; MARTINS, 2018) ou *SimLean* (ROBINSON *et al.*, 2012).

1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar dos benefícios, existem algumas barreiras ligadas à implantação do *Lean Healthcare* ou Simulação a Eventos Discretos que acabam atrapalhando o sucesso destes projetos, como falta de habilidades quantitativas de profissionais (AMIN; KARIM, 2013; DE SOUZA; PIDD, 2011), medidas de performance inadequadas (DE SOUZA; PIDD, 2011), interpretação incorreta de resultados (ROBINSON; PIDD, 1998), falha em produzir resultados tangíveis (JAHANGIRIAN *et al.*, 2015) e o não foco na eliminação dos desperdícios (CAMPOS, 2018).

De maneira geral, De Souza e Pidd (2011) sugerem que para suprimir estes efeitos adversos é necessário que os profissionais de saúde desenvolvam proficiência na utilização de ferramentas quantitativas para que a tomada de decisão passe de uma abordagem baseada somente na experiência para uma baseada em dados e evidências, e que existam medidas de desempenho antes e depois de uma mudança ser feita para que a equipe tenha uma visão clara do efeito das mudanças.

Levando em consideração estes argumentos, é oportuno pressupor que uma ferramenta

de seleção de projetos de implantação de melhorias *Lean Healthcare Simulation* seja uma estratégia apropriada para resolução das dificuldades.

A seleção de projetos é um dos fatores críticos para o sucesso de qualquer programa de mudança em uma organização, seja a curto ou longo prazo (KUMAR; ANTONY; CHO, 2009). As empresas devem alinhar seu portfólio de projetos com seus objetivos estratégicos, a fim de maximizar o valor das partes envolvidas, equilibrando a alocação de recursos e os riscos (COSTANTINO; DI GRAVIO; NONINO, 2015).

Este processo é feito através de um conjunto de critérios que compreende identificação, priorização e seleção de projetos que mais impactam nas metas da organização (ORTÍZ; FELIZZOLA; ISAZA, 2015; SHANMUGARAJA; NATARAJ; GUNASEKARAN, 2012).

Acredita-se que o processo de seleção do projeto seja um elemento complexo da implantação *Lean* e *Seis Sigma* pelos executivos da empresa (HU *et al.*, 2008), 2008). Aproximadamente 40% dos projetos de *Lean* e *Seis Sigma* falham devido a sua seleção inadequada (GUPTA *et al.*, 2019).

Ao selecionar os projetos, as organizações de saúde devem se concentrar no alinhamento das preocupações internas e sua relação com as estratégias de negócios (BONILLA *et al.*, 2008). A implementação requer adaptação e desenvolvimento para o contexto específico e permite que os profissionais de saúde se apropriem da abordagem, levando em consideração os aspectos organizacionais do desenvolvimento dos projetos de *Lean Healthcare Simulation* (CREMA; VERBANO, 2019; POKSINSKA, 2010).

Considerando o cenário descrito, é possível notar que um dos fatores chave para o sucesso de uma implementação de melhoria *Lean* e simulação é a escolha correta dos projetos. Para isto, é interessante utilizar métodos ou modelos de tomada de decisão que possibilitem aumentar a probabilidade de sucesso (SU; CHOU, 2008).

Entretanto, ainda há oportunidades em estudo que apresentem um ordenamento ou *outranking* que auxilie na seleção de projetos de *Lean Healthcare Simulation*, assim como estudos que abordem a integração dos três principais conceitos deste trabalho: *Lean Healthcare*, simulação e métodos multicritérios. Esta abordagem permite antecipar os erros de implementações, medir corretamente a performance do projeto de acordo com as necessidades e restrições do sistema e garante maior propriedade de assertividade em relação à solução proposta. Com isso, espera-se que essa proposta de aplicação contribua com pesquisas sobre o tema, servindo como inspiração ao desenvolvimento de novos processos envolvendo estas técnicas e, de maneira prática, sirva como subsídio aos gestores hospitalares, colaborando na

busca de melhorias e soluções para os problemas de tomada de decisão e gestão de operações. Para tanto, coloca-se uma questão de pesquisa: a partir de um grupo de propostas de projetos, o quanto uma decisão é crítica para se alcançar os múltiplos objetivos e atender às restrições de forma eficiente?

1.1 OBJETIVOS

Desse modo, o objetivo da pesquisa foi definir uma sistemática para avaliação e seleção efetiva de projetos de melhoria envolvendo *Lean* e Simulação a Eventos Discretos em ambientes hospitalares, fazendo-se o uso da ferramenta Promethee.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Produzir uma revisão sistemática sobre *Lean Healthcare Simulation*;
- Construir um modelo de processo hospitalar utilizando simulação de eventos discretos
- Definir os critérios/indicadores a serem utilizados na análise;
- Construir a matriz de decisão usando o Promethee II;
- Analisar as propostas quanto às restrições;
- Apresentar instruções para projetos de melhorias em hospitais com o *Lean Healthcare*, simulação e multicritério.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ainda que o emprego do *Lean* na área saúde seja relativamente recente (DE SOUZA, 2009), enquanto a modelagem e simulação vem sendo utilizada desde o início da década de 1960 (BENNEYAN, 1997), ambos apresentam uma motivação semelhante: a melhoria de processos e do serviço prestado aos pacientes. A simulação como suporte ao *Lean* apoia o processo de tomada de decisão e melhora os processos da área da saúde, visando aumento de eficiência e segurança do paciente (CREMA; VERBANO, 2019).

Zhang (2018) identificou mais de 200 artigos sobre a aplicação da Simulação a Eventos Discretos na área da saúde, enquanto Akmal, Greatbanks and Foote (2020) encontraram 300 artigos sobre aplicação do *Lean Thinking* em hospitais. Porém, conforme diz Robinson *et al.* (2012), apesar do mesmo objetivo e dos benefícios, estes conceitos raramente são utilizados em conjunto. Crema e Verbano (2019) obtiveram uma revisão que envolvia todos as modalidades de simulação que são utilizadas em conjunto com o *Lean* na área da saúde, e mesmo assim o resultado foi um número relativamente baixo de artigos. Já Uriarte, Ng e Moris (2020) mostram em sua revisão que Simulação a Eventos Discretos é o método de simulação que mais é empregado junto ao *Lean*, mas a área da saúde ainda apresenta baixa adesão desta união. Além disso, os autores destacam a necessidade de haver estudos de revisão da utilização de técnicas específicas de simulação combinadas com *Lean* em domínios específicos.

Desta forma, foi oportuna a realização de um estudo que sistematicamente revisa a literatura sobre a integração de *Lean* e SED na área da saúde, para que sirva como guia para projetos futuros sobre as melhores práticas desta combinação.

Quando se tem o objetivo de investigar determinada questão ou problema, as revisões de literatura se tornam úteis, uma vez que elas são utilizadas para avaliar o estado de conhecimento de determinado tópico, identificar lacunas e orientar melhor a discussão de determinado assunto (SNYDER, 2019). Quando bem conduzida, torna-se um método eficaz para criar uma base sólida capaz de fazer avançar o conhecimento, facilitando o desenvolvimento de teorias, concluindo as áreas onde existiu muitos estudos e descobrindo novas áreas de investigação (WEBSTER; WATSON, 2002).

2.1 O CONCEITO *LEAN* E SUA ORIGEM

Segundo Womack, Jones e Roos (2007), o *Lean* teve sua origem no Japão nos anos 50, na fábrica da Toyota, razão pela qual foi nomeado inicialmente como Sistema Toyota de Produção (STP).

A família Toyoda, fundadora da Toyota, teve seu primeiro sucesso em negócios no ramo de máquinas têxteis ao final do século XIX, onde Sakichi Toyoda desenvolveu atributos superiores em seus teares (WOMACK; JONES; ROOS, 2007).

Como Sakichi Toyoda tinha uma visão de futuro, sabia que os teares automáticos ficariam ultrapassados, enquanto os automóveis seriam o futuro. Com este fato em mente, ele deu ao seu filho Kiichiro Toyoda, a tarefa de construir uma empresa deste segmento (LIKER, 2005).

Nesta época, os fabricantes americanos de automóveis estavam dominando o mercado. O modelo de produção em massa desenvolvido pela Ford foi uma verdadeira ruptura revolucionária sobre as práticas de produção daquele período. O método consistia em máquinas agrupadas por processo, que fabricavam peças em uma espécie de linha de montagem, fazendo com que os componentes fossem montados e entregues perfeitamente ajustados diretamente ao lado da linha (próximo passo da fabricação) (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2021).

A criação de uma empresa automotiva veio acompanhada de uma cadeia de eventos desastrosos, como um colapso das vendas, problemas com mão de obra, e o pior deles, a Segunda Guerra Mundial, que dizimou a economia japonesa da época (WOMACK; JONES; ROOS, 2007).

Ao mesmo tempo que a Toyota buscava estratégias para melhorar sua produtividade e capacidade, a Ford encontrava problemas em atender às exigências de variedade dos clientes e controlar os tempos de produção e níveis de estoque cada vez mais altos. Os líderes da Toyota começaram a examinar esta situação nos anos 30 com visitas à Ford e General Motors. Observando que simples inovações poderiam proporcionar um fluxo contínuo e maior variedade, estes líderes foram motivados a criar o Sistema Toyota de Produção, que visava eliminar o tempo e o desperdício de material das matérias primas para os produtos acabados (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2021; LIKER, 2005).

O sistema ganhou fama em todo o Japão e, no final da década de 70 diversas empresas e consultorias iniciaram a introdução do sistema nas linhas de produção. Conhecido como STP, os americanos passaram anos buscando um nome para o conceito (PIMENTA; OLIVEIRA,

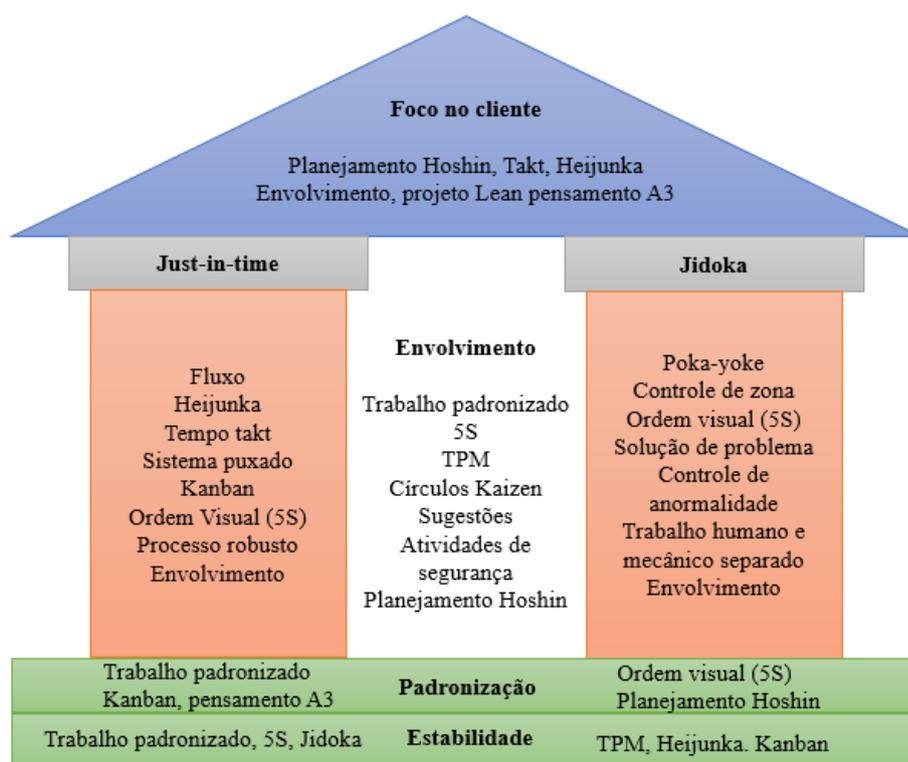
2017).

O termo “*Lean Production*” foi apresentado primeiramente por Krafcik em 1989 (MOAYED; SHELL, 2009), mas somente se popularizou com o lançamento de dois *best-sellers*, “*The machine that changed the world*” de Womack, Jones e Ross em 1991 e, “*Lean Thinking*” de Womack e Jones em 1996 (LIKER, 2005).

Lean é uma filosofia de gestão inspirada nas práticas do Sistema de Produção Toyota e significa "fabricação sem desperdício" (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2021; TAJ; BERRO, 2006). De acordo com Simpson e Power (2005), o objetivo é estabelecer um sistema eficiente e bem organizado dedicado à melhoria contínua dos processos. Para isto, de acordo com Bhamu e Sangwan (2014) e Shah e Ward (2007), é necessário focar na identificação e eliminação dos desperdícios em todo o fluxo de valor do sistema, integrando elementos altamente interrelacionados, como ferramentas, métodos e práticas de gerenciamento.

Um dos símbolos mais reconhecidos da indústria moderna é a Casa do Sistema Toyota de Produção (Figura 1), representando o sistema estrutural da filosofia. No telhado, o foco no cliente representa a meta, ou seja, entregar alta qualidade a baixo custo e no tempo mais rápido ao cliente. As paredes são a entrega de produtos no momento certo e quantidade certa (Just-in-time) e a autonomia (Jidoka), automação com toque humano. Já a base é representada pela estabilidade e padronização dos processos. Por fim, o coração do sistema é o envolvimento da equipe, que deve buscar a melhoria contínua (DENNIS, 2008).

Figura 1 – Casa STP



Fonte: Adaptado de Dennis (2008)

Resumidamente, chama-se *Lean* porque utiliza o mínimo de tudo o que é necessário para fabricar um produto ou executar um serviço, ou seja, conseguir mais com menos (ATKINSON, 2003).

O caminho para a eliminação do desperdício *Lean* é um processo de cinco etapas (WOMACK; JONES, 1997). De acordo com Womack e Jones (2004) são eles:

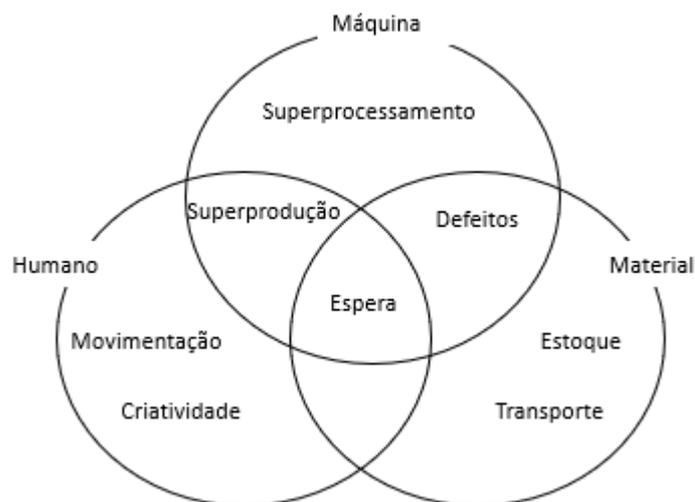
- Especificar valor: o valor é a condição inicial do pensamento *Lean*. É definido pelo ponto de vista do cliente final, sendo expresso em termos de um produto específico que atenda às suas necessidades em um momento e preço específicos;
- Identificar o fluxo de valor: determinar o conjunto de todas as etapas necessárias da concepção de um produto ou serviço e detectar atividades que agregam ou não valor ao cliente. Segundo Hines e Taylor (2000) estas atividades são classificadas como:
 - Atividades que agregam valor – atividades que do ponto de vista do consumidor final, fazem o produto ou serviço mais valioso;
 - Atividades que não agregam valor – aquelas que não são necessárias e não tornam o produto ou serviço mais valioso para o cliente;
 - Atividades necessárias que não agregam valor – aquelas que não fazem o

produto ou serviço serem valiosos para o cliente, mas são necessárias para o processo.

- Fluxo: fazer com que as etapas que criam valor fluam. É necessário redefinir o trabalho de cada função, departamento e empresa, de forma a contribuir positivamente para a geração de valor e expor às necessidades reais dos funcionários em cada parte do fluxo total;
- Puxar: deixar que o cliente “puxe” o processo ou produção quando necessário ao invés de empurrá-los, tornando as demandas dos clientes mais estáveis;
- Perfeição: busca contínua pelo aprimoramento até um estado de perfeição.

O objetivo, de forma geral, é ser altamente adaptável à demanda do cliente, reduzindo os desperdícios (BHAMU; SANGWAN, 2014). De acordo com Liker (2005), existem oito tipos de desperdícios (Figura 2), explicados no Quadro 1:

Figura 2 – Desperdícios a serem eliminados



Fonte: Adaptado de Čiarnienė e Vienažindienė (2012)

Quadro 1 - Oito categorias de classificação de desperdícios

Desperdício	Definição
Superprodução	Produzir mais do que o cliente precisa no momento, causando perda com excesso de pessoal e custos com estoque excessivo
Espera	Tempo sem trabalho (ocioso) quando material, pessoas, equipamentos ou informações não estão prontas ou existem atrasos ou interrupções por gargalos
Transporte	Movimentação desnecessária que não agrega valor de materiais, estoques, peças ou produtos acabados
Superprocessamento	Processamento incorretos, sejam passos desnecessários ou processamentos ineficientes, não agregando valor do ponto de vista do cliente
Estoque	Excesso de estoque, seja ele de matéria-prima, estoque em processo ou produtos acabados, aumentando custos, <i>lead time</i> e obsolescência.
Movimentação	Qualquer movimento desnecessário dos funcionários, como caminhar ou procurar
Defeitos	Produção que contém defeitos que necessitam de retrabalho, descarte ou correção
Criatividade dos funcionários	Desperdício de ideias, tempo, habilidades pelo não envolvimento ou falta de confiança dos funcionários

Fonte: Adaptado de Liker (2005) e Taj e Berro (2006)

Os princípios do *Lean* têm sido bastante aceitos na indústria desde sua primeira aparição (KOLBERG; ZUEHLKE, 2015), pois seus benefícios são evidentes em fábricas de todo o mundo (PAVNASKAR; GERSHENSON; JAMBEKAR, 2003), fazendo sua aplicação ser expandida para outros setores (KIM; SPAHLINGER; BILLI, 2009). A Figura 3 mostra esta transição.

Figura 3 - Evolução dos setores de aplicação do *Lean*

Fonte: Faria (2013)

Devido ao sucesso do *Lean* na área de manufatura, muitas organizações de serviços também passaram a adotar esta estratégia em seus processos transacionais e administrativos, tendo como exemplo a área da saúde, que pode se beneficiar efetivamente desta ferramenta de engenharia (BHAT; GIJO; JNANESH, 2014).

2.2 *LEAN HEALTHCARE (LH)*

Melhorar a qualidade, aumentar a eficiência e reduzir custos, ao passo que os serviços prestados são otimizados, a atenção à segurança dos pacientes é ampliada, os tempos de espera são reduzidos e os desperdícios e erros do sistema são minimizados, estão entre os principais objetivos das organizações da saúde (DOĞAN; UNUTULMAZ, 2016).

Dados os desafios impostos compartilhados pela maioria dos sistemas de saúde, o *Lean* tem ganhado considerável atenção na área (MAZZOCATO *et al.*, 2010), muitas vezes chamado de *Lean Healthcare* (POKSINSKA, 2010), pois um grande número de resultados encontrados na literatura demonstram os benefícios que o LH traz para o cuidado do paciente e a utilização de recursos, mostrando-se uma forma eficaz de melhorar os processos hospitalares e conduzi-los a resultados sustentáveis (DE SOUZA, 2009; WARING; BISHOP, 2010).

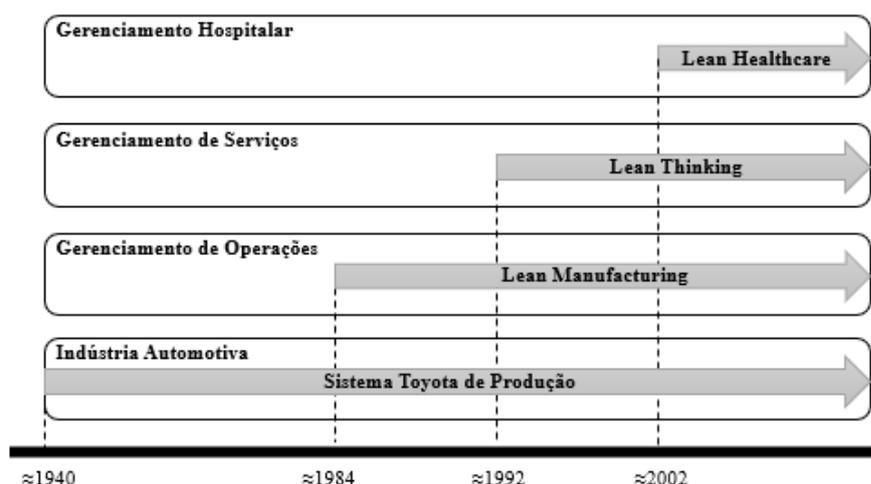
Grabau (2013) define *Lean Healthcare* como um sistema de gestão e filosofia apoiado por um conjunto de ferramentas e métodos que proporciona uma melhoria da qualidade nos

cuidados aos pacientes e fornece suporte aos funcionários, ao mesmo tempo que reduz os custos e facilita o crescimento organizacional.

Filser, Da Silva e De Oliveira (2017) dizem que a essência é compreender o que o paciente deseja e considera como valor. Com isso, é possível identificar as atividades que contribuem diretamente para o atendimento às suas necessidades (atividades que agregam valor), e eliminar os desperdícios (atividades que não agregam valor).

De Souza (2009) mostra que não existe um consenso sobre o advento da filosofia *Lean* na área da saúde (Ver Figura 4), mas especula-se que a primeira aparição de um artigo publicado sobre *Lean* em hospitais foi em 2001 pela *NHS Modernisation Agency*.

Figura 4 - Evolução do conceito *Lean* ao longo dos anos



Fonte: Adaptado de Laursen (2003), retirado de De Souza (2009)

Além do trabalho publicado pela *NHS Modernisation Agency*, os trabalhos publicados por Bushell e Shelest em 2002 sobre o pensamento *Lean* na melhoria do fluxo de pacientes, e por Feinstein e colaboradores também em 2002 sobre bons resultados em áreas clínicas e não-clínicas, contribuíram positivamente no aumento da especulação sobre o tema, afirmando que bons resultados foram alcançados (DE SOUZA, 2009).

A pesquisa de Filser, Da Silva e De Oliveira (2017) mostra que enquanto as publicações anuais permanecem baixas de 2002 a 2005, dois autores, Jimmerson e colaboradores e Spear publicaram em 2005 artigos sobre resultados positivos da implementação do *Lean Healthcare* que influenciaram muito a literatura sobre o tema com consequente aumento da produção de trabalhos.

Como existem atividades que não agregam valor nos processos hospitalares, é

fundamental identificar as presenças destas atividades a fim de evitar interrupções e inconsistências na prestação dos serviços de saúde (BHARSAKADE *et al.*, 2021). Virtue, Chausalet e Kelly (2013) dizem que a metodologia *Lean* tem sido vista como uma ferramenta ideal para eliminar desperdícios, porém, segundo Hussain e Malik (2016), a aplicação dos conceitos *Lean* em serviços, inclusive os de saúde, precisam adaptar-se às suas necessidades específicas.

Levando isto em conta, os sete desperdícios propostos inicialmente por Ohno (1988), e posteriormente transformados em oito por Liker (2005), foram adaptados para a área saúde por Westwood, Moore e Cooke (2007) e Graban (2013), apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Os oito desperdícios do *Lean* em serviços da saúde

Desperdício	Exemplos na área da saúde
Superprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitação de testes desnecessários; • Realização desnecessária de procedimentos de diagnóstico.
Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Espera de/por: pacientes, equipe médica, resultados, receitas; médicas, medicamentos e médico para dar alta a pacientes.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Layout inadequado das salas; • Armazenar equipamentos de uso comum em locais centrais ao invés de locais onde são realmente utilizados.
Superprocessamento	<ul style="list-style-type: none"> • Duplicação de informação; • Pedir os mesmos detalhes do paciente diversas vezes;
Estoque	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de estoque que não é utilizado nos depósitos; • Medicamentos expirados que precisam ser descartados.
Movimentação	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação desnecessária da equipe à procura de papéis ou troca de salas; • Falta de equipamento básico em todas as salas de exame.
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Readmissão por causa de liberação incorreta; • Repetição de testes porque não foi fornecida a informação correta; • Medicação errada ou erro na dosagem dada ao paciente.
Criatividade dos funcionários	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionários que se sentem sobrecarregados e não apresentam sugestões de melhoria.

Fonte: Adaptado de Graban (2013) e Westwood, Moore e Cooke (2007)

De acordo com Costa *et al.*(2017), para que as atividades que não agregam valor aos pacientes, ou desperdícios, sejam eliminados, é necessário fazer uma classificação das atividades entre as que agregam valor, as que não agregam valor, e as que não agregam mas são necessárias (Quadro3). Aprender a separar as tarefas que são feitas e agregam valor (que ajudam o paciente) é um passo crítico na jornada *Lean* (GRABAN, 2013).

Quadro 3 - Etapas na cadeia de valor de um serviço de saúde

Atividade	Exemplo em serviços de saúde
Agrega valor ao paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimento cirúrgico; • Preenchimento de checklist de cirurgia segura; • Aplicação de antibiótico; • Realização de exame radiológico e obtenção do laudo.
Não agregam valor ao paciente, mas são necessárias	<ul style="list-style-type: none"> • Assinaturas; • Preenchimento de guias ou formulários de consumo; • Processo de autorização para realização de exames; • Documentação para alta.
Não agregam valor (desperdício)	<ul style="list-style-type: none"> • Diversas cópias assinadas do mesmo documento; • Espera muito alta no hospital para avaliação de um exame; • Repetição de um processo em diversos órgãos públicos diferentes

Fonte: Adaptado de Pinto (2014)

Para a Joint Commission Resources (2013), a identificação do valor de um produto ou serviço, e a diferenciação das atividades de valor agregado daquelas sem valor agregado dos processos são premissas básicas para o pensamento *Lean*. Portanto, entender os princípios do *Lean* pela perspectiva de um provedor de serviços de saúde é fundamental, como:

- Especificar valor: tornar o paciente e sua segurança o foco principal;
- Identificar fluxo de valor: mapear as ações específicas que proporcionarão ao paciente o que ele precisa quando a necessidade aparecer;
- Fluxo: desempenhar o conjunto de ações necessárias sem interrupções ou atrasos, evitando que o paciente perca tempo esperando;
- Puxar: permitir que o paciente decida o momento de receber um serviço;
- Perfeição: avaliar continuamente o serviço, de forma a aperfeiçoar sua administração e aprimorar a qualidade do seu desempenho.

A aplicação do *Lean* na reconfiguração de processos e redução de desperdícios envolve o emprego de uma vasta gama de ferramentas e técnicas específicas (RADNOR; HOLWEG; WARING, 2012). Um estudo de Lima *et al.* (2020) compilou e sintetizou uma lista de ferramentas, métodos e princípios a partir de artigos sobre a implementação da metodologia *Lean* nos hospitais. Além disso, a revisão dividiu-as em cinco classes de acordo com a opinião de especialistas, como se pode ver no Quadro 4.

Quadro 4 - Lista de ferramentas, métodos e princípios

Fluxo de Produção	Melhoria Contínua	Organização do Trabalho e Gerenciamento Visual	Diagnóstico e Resolução de Problemas	Abordagens Gerenciais Complementares
Fluxo contínuo	Times de melhoria contínua	5S	5 porquês	Benchmarking
Heijunka (nivelamento)	DMAIC	Andon	A3	Lean Six Sigma
Just in time	Ir ao gembu	Reuniões diárias	Análise ABC	Gestão de projetos
Kanban	Hoshin kanri	Jidoka	Diagrama de Ishikawa	Scrum
One-piece-flow	Kaizen	Poka-yoke	Kobetsu	Simulação
Sistema puxado	Kata	Trainamento multidisciplinar de tarefas	OEE	TOC
SMED – Troca rápida de ferramenta	Monitoramento de KPI's	Redesenho do ambiente físico de trabalho	Mapeamento/redesenho de processo	TPM
Takt time	PDCA/PDSA	Trabalho padrão	Análise de riscos	TQM
Células de trabalho	VOC/VOB/CTQ	Trabalho em equipe	SIPOC	
Balanceamento de carga		Gerenciamento visual	Diagrama de spaghetti	
			Controle estatístico do processo	
			VSM	
			Análise de desperdícios	

Fonte: Adaptado de Lima *et al.* (2020)

Em resumo, o pensamento *Lean* prioriza o processo, em vez da hierarquia; foca no paciente, em vez de focar internamente; faz análises de causas, e não atribuições de culpas; elimina os desperdícios, no lugar de aumentar volume para reduzir custos (JOINT COMMISSION RESOURCES, 2013).

É evidente que a filosofia *Lean Healthcare* apresenta grandes vantagens, transformando a cultura organizacional e melhorando a performance. Com a crescente utilização do LH no setor da saúde, abordagens complementares têm sido introduzidas numa tentativa de aumentar ainda mais o desempenho. Dentre muitas técnicas, encontra-se a Simulação a Eventos Discretos.

2.3 SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS (SED)

Segundo Banks (1998), a simulação é a imitação da operação de um processo ou sistema do mundo real com a vantagem de explorar possibilidades, diagnosticar problemas, identificar restrições e experimentar alterações retirando a necessidade de envolver recursos que seriam necessários para o teste real.

Segundo Carson (2005), a simulação permite identificar problemas, gargalos e falhas antes mesmo da concepção ou modificação de um sistema, comparando diversas alternativas de projetos sem afetar recursos e investimentos.

Birta e Arbez (2019) dizem que existe uma grande variedade de razões para o uso de modelos de simulação, e destacam algumas delas:

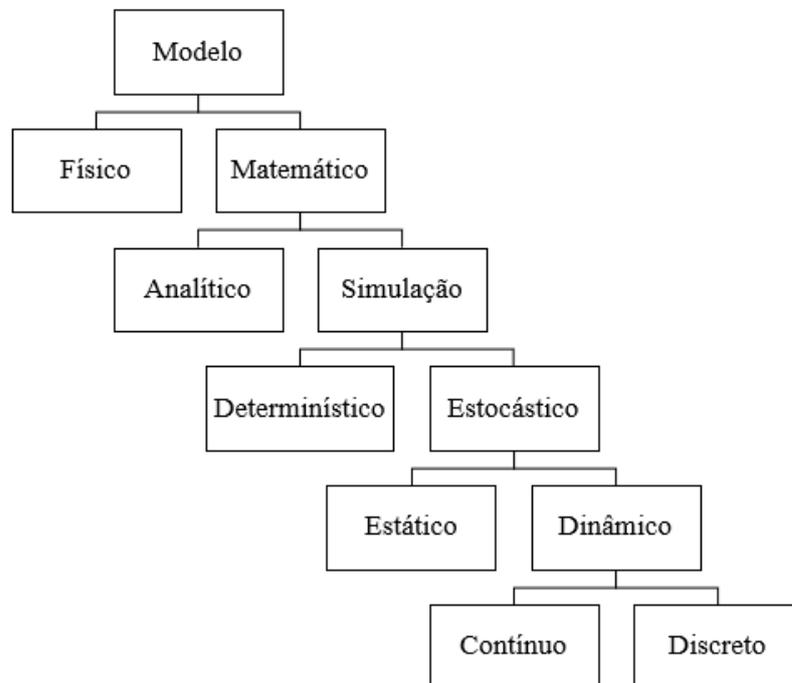
- Comparação das opções de política de controle;
- Educação e treinamento;
- Projetos de engenharia;
- Avaliação de alternativas de decisão ou de ação;
- Avaliação de estratégias de transformação ou de mudança;
- Previsão;
- Avaliação do desempenho;
- Prototipagem e avaliação de conceitos;
- Avaliação de risco/segurança;
- Análise de sensibilidade;
- Apoio às decisões de aquisição/compras;

- Redução da incerteza na tomada de decisões.

Um bom modelo de simulação deve fornecer percepções e uma boa visão do desempenho do sistema, e não apenas medidas numéricas. Sem ele, ou se experimenta um sistema real (provavelmente causando grandes perturbações) ou não realiza nenhuma experimentação ou análise (envolvendo algum risco potencial) (CARSON, 2005).

Law (2014) categoriza os modelos de simulação conforme a Figura 5. A grande maioria dos modelos de simulação construídos são matemáticos, incorporando aspectos lógicos e quantitativos que são manipulados para ver como o modelo reage. Estes modelos podem ser determinísticos ou estocástico, onde o primeiro não apresenta variáveis aleatórias e o segundo as possui. São estáticos, os que representam um sistema em determinado período de tempo, ou dinâmicos, os que representam a evolução de um sistema ao longo do tempo. Por fim, podem ser contínuos, onde as variáveis se alteram continuamente, ou discretos, onde o sistema evolui ao longo do tempo e as variáveis mudam instantaneamente em pontos distintos no tempo.

Figura 5 - Classificação dos modelos de simulação



Fonte: Adaptado de Campos (2018)

Em se tratando de melhoria dos processos hospitalares, dado que pequenas mudanças no processo podem gerar consequências indesejáveis, como aumento do tempo de espera dos pacientes, superlotação, uso excessivo de recursos ou um ambiente estressante, a simulação

pode ser muito útil (SARMENTO; SANCHES3; SANTOS, 2018).

Segundo Zhang (2018) existe um crescente interesse na aplicação da SED na área da saúde. Jun, Jacobson e Swisher (1999) explicam que esta popularização pode ser explicada pelo sucesso considerável dos estudos relatados e pelo crescente nível de sofisticação dos *softwares* de simulação que tornam sua aplicabilidade menos exaustiva.

Jacobson, Hall e Swisher (2006) explicam que a Simulação a Eventos Discretos permite aos seus usuários avaliar a eficiência do sistema para fazer perguntas do tipo “e se”, por meio de testes, e projetar novas formas de funcionamento, avaliando o impacto potencial das mudanças no fluxo dos pacientes e a necessidade de atribuição de recursos para implementar a melhoria.

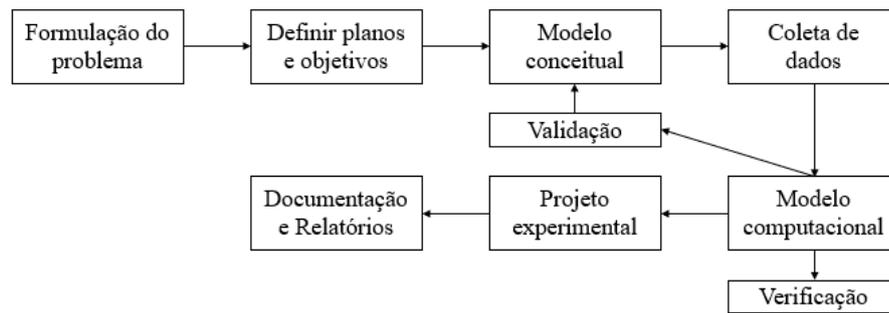
De acordo com Günal e Pidd (2010) e Jacobson, Hall e Swisher (2006), os modelos de Simulação a Eventos Discretos nos cuidados de saúde concentraram-se em duas áreas:

- Otimização e análise do fluxo de pacientes: melhorar o fluxo de pacientes, reduzir os tempos de espera, redesenhar os horários da equipe;
- Atribuição de recursos: adicionar ou remover leitos, aumentar ou diminuir o número de funcionários.

Em um modelo SED, o tempo é um componente importante, pois o estado muda apenas em momentos discretos, conhecidos como tempo de eventos, desencadeando novos eventos, atividades e processos, impactando as entidades e recursos. Conceitualmente, o estado é um vetor longo, ou seja, uma lista de valores que definem o estado completo do sistema em qualquer momento. Evento é um acontecimento instantâneo que muda o estado do modelo, por exemplo, chegada de clientes. Atividade é a duração em tempo de um processo ou serviço em determinado estado. A entidade é um objeto do modelo e um recurso é a entidade que presta serviços a entidades dinâmicas (BANKS, 1999; CARSON, 2005).

Sharma (2015) esquematiza os passos necessários para a realização de um estudo de SED bem sucedido, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Principais passos necessários para simulação



Fonte: Adaptado de Sharma (2015)

O primeiro passo é formular o problema de modo que seja claramente compreendido. O segundo passo é a definição de objetivos, para que as questões a serem respondidas sejam especificadas. Posteriormente, um plano geral contendo a quantidade de recursos necessários, o número de fases do projeto, o cronograma e o resultado final esperado de cada fase deve ser preparado. O terceiro passo, o mais importante e complicado, é a modelagem conceitual, ou seja, é a abstração do modelo de simulação de um sistema real, descrevendo os objetivos, entradas, saídas, conteúdo, suposições e simplificações do modelo. Na quarta etapa é feita a coleta de dados, que consome muito tempo e tem grande importância devido a quantidade elevada de dados que projetos de simulação necessitam. O quinto passo, a modelagem computacional, consiste em traduzir o modelo conceitual para o formato computacional, seja ele por linguagem de programação ou *softwares* de simulação. A verificação assegura que o programa desenvolvido durante a tradução do modelo está de acordo com o modelo conceitual. Já a validação assegura que o modelo satisfaz as necessidades e que os pressupostos estão corretos, comparando o modelo com o sistema real. O projeto experimental é onde são feitos os testes e mudanças para determinar quais os impactos significativos no sistema. Por fim, deve ser feito um relatório final que seja claro e documente o resultado de todas as análises (SHARMA, 2015).

A Simulação a Eventos Discretos provavelmente seja a ferramenta mais poderosa e intuitiva para análise e melhoria de sistemas complexos de saúde (JACOBSON; HALL; SWISHER, 2006). No entanto, é importante que outros conceitos sejam utilizados para guiar os projetos de SED, indicando métricas e soluções mais adequadas para a melhoria do sistema em estudo. Logo, o *Lean* torna-se uma boa opção para se integrar a este método de simulação.

2.4 *LEAN HEALTHCARE SIMULATION*

De acordo com Snyder (2019) e Kitchenham (2004), existem diferentes abordagens para se conduzir uma revisão de literatura. Uma revisão sistemática da literatura é um procedimento que visa identificar, avaliar e interpretar toda a investigação que se encaixe em critérios de inclusão pré-estabelecidos pra responder a uma questão ou hipótese de pesquisa. Colicchia e Strozzi (2012) complementam dizendo que devido aos seus princípios, a revisão sistemática permite uma visão mais objetiva dos resultados, eliminando as questões de parcialidade e erro.

Para proporcionar uma revisão transparente, reproduzível e científica da literatura sobre a integração de *Lean* e Simulação a Eventos Discretos, esta revisão foi desenvolvida com uma adaptação da abordagem de três etapas proposta por Tranfield *et al.* (2003) e das orientações do PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (MOHER *et al.*, 2009).

2.4.1 ETAPA 1 – PLANEJAMENTO DA REVISÃO

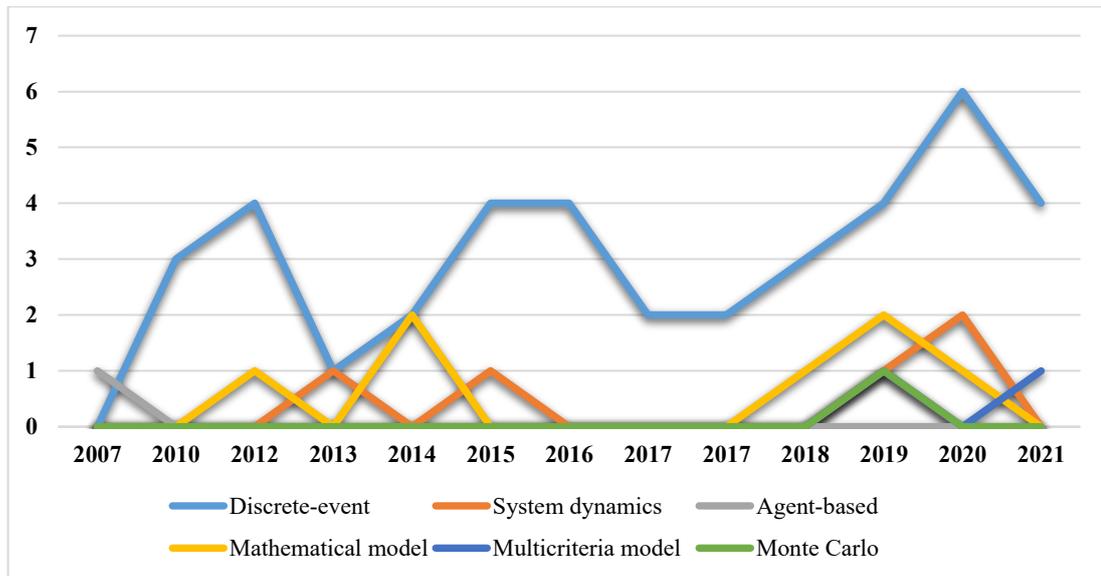
O primeiro estágio, de acordo com Tranfield *et al.* (2003), consiste em identificar a necessidade da revisão, preparar a proposta e desenvolver o protocolo de revisão.

Para estabelecer a necessidade da revisão, primeiramente foi desenvolvida uma análise inicial das publicações de revisão existentes envolvendo tanto a aplicação individual do *Lean Healthcare* (AKMAL; GREATBANKS; FOOTE, 2020; COSTA; GODINHO FILHO, 2016; D'ANDREAMATTEO *et al.*, 2015; DE SOUZA, 2009; FILSER; DA SILVA; DE OLIVEIRA, 2017; LIMA *et al.*, 2020; MAZZOCATO *et al.*, 2010) e da Simulação em ambientes hospitalares (GÜNAL; PIDD, 2010; JACOBSON; HALL; SWISHER, 2006; ZHANG, 2018), quanto a integração destas duas metodologias em um contexto geral (URIARTE; NG; MORIS, 2020) e focado em hospitais (CREMA; VERBANO, 2019).

Com esta forma inicial de análise, foi possível estabelecer quais seriam as palavras-chave utilizadas para formar a *string* de pesquisa desta revisão.

A segunda interação desta fase é a preparação da proposta. Para isto, foi realizada uma pesquisa preliminar na base de dados da Scopus, que é a maior base de dados de resumo e citações e inclui a maioria das revistas mais importantes do campo de gestão de operações (URIARTE; NG; MORIS, 2020). Esta pesquisa foi feita utilizando a seguinte *string*: ("*Lean*")

Figura 8 - Utilização das técnicas de simulação ao longo dos anos



Fonte: Autor (2023)

De acordo com Baril *et al.* (2016), pelo fato de os processos hospitalares serem em sua maioria dinâmicos e estocásticos, a Simulação a Eventos Discretos têm sido amplamente utilizada para modelar e a avaliar os fluxos e processos hospitalares. Quando integradas, o *Lean* e a Simulação a Eventos Discretos constroem uma relação sinérgica, potencializando seus benefícios (BARIL *et al.*, 2016; BORGES *et al.*, 2020; SARMENTO; SANCHES; SANTOS, 2018).

Este fato, aliado às evidências descritas dos estudos analisados sobre a necessidade de estudos focados em técnicas específicas de simulação, constituem a base da proposta desta revisão.

Levando em conta as considerações expostas, foi possível elaborar o protocolo de revisão. O Quadro 5 descreve o protocolo geral da revisão.

Quadro 5 - Protocolo geral da revisão

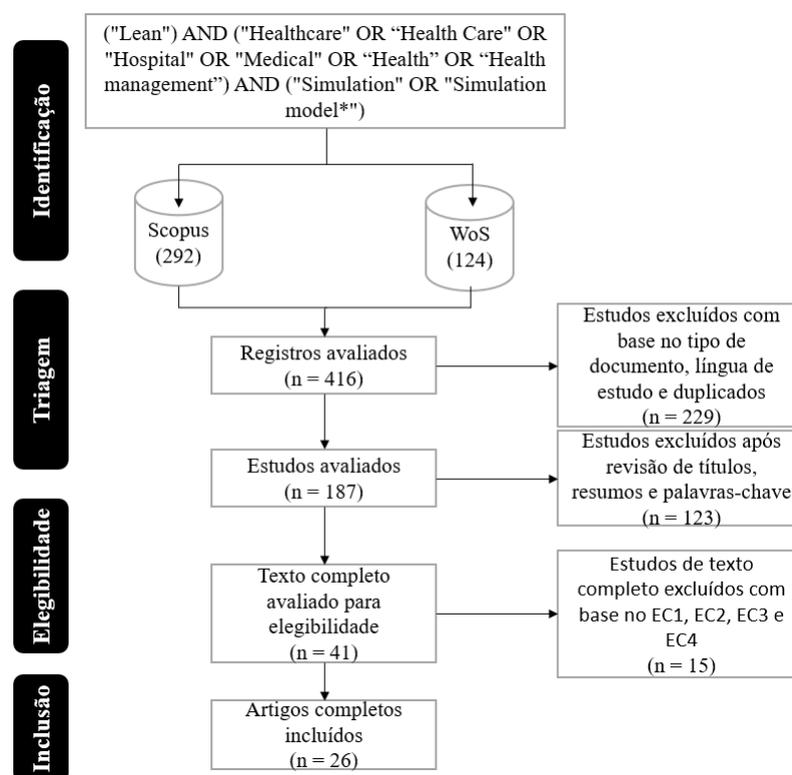
Parâmetro	Requisito
Questão principal	Como a fusão <i>Lean</i> e Simulação a Eventos Discretos está sendo empregada na área da saúde?
Objetivos	Avaliar e interpretar a aplicabilidade da integração <i>Lean Healthcare Simulation</i>
Bases de dados	Scopus e Web of Science
Intervalo de pesquisa	Até Janeiro de 2023
Termos de busca	("Lean") AND ("Healthcare" OR "Health Care" OR "Hospital" OR "Medical" OR "Health" OR "Health management") AND ("Simulation" OR "Simulation model*")
Tipo de estudo	Artigos de revistas, revisões e capítulos de livro
Língua	Inglês e Português
Critérios de inclusão	CI1: Artigos que utilizam estritamente Simulação a Eventos Discretos integrado ao Lean Healthcare CI2: Artigos com acesso completo CI3: Artigos categorizados como estudo de caso ou pesquisa-ação
Critérios de exclusão	CE1: Artigos que falam somente de Lean Healthcare CE2: Artigos que falam somente de Simulação a Eventos Discretos CE3: Artigos que falam sobre outros métodos de simulação CE4: Artigos sem acesso completo

Fonte: Autor (2023)

2.4.2 ETAPA 2 – CONDUÇÃO DA REVISÃO

Nesta fase, as diretrizes do PRISMA serviram como guia do processo, contendo quatro fases: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (MOHER *et al.*, 2009). A Figura 9 mostra todo o fluxo.

Figura 9 - Fluxograma da condução da pesquisa



Fonte: Autor (2023)

O primeiro resultado apresentou uma total de 416 documentos encontrados (292 no "Scopus" e 124 na "Web of Science"). Posteriormente, alguns filtros foram selecionados como "apenas artigos de revistas, revisões e capítulos de livro", "língua inglesa e portuguesa" e nenhum filtro de período foi utilizado, resultando em 134 (149) no "Scopus" e 73 (93) na "Web of Science". Depois desses filtros e da remoção de duplicatas, um total de 210 documentos foram descartados, e o número final de artigos selecionados para análise de elegibilidade foi de 187.

Com a lista filtrada de artigos, os resultados foram exportados para uma ferramenta auxiliar. Neste caso, o *software* R Studio com bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017) foi escolhido devido à sua versatilidade. Os dados exportados de ambas as bases de dados foram convertidos em um arquivo único. Depois este arquivo foi carregado em uma planilha do Microsoft Excel, onde foi possível classificar os artigos de acordo com a leitura de seus títulos, resumos e palavras-chave, analisando sua adequação de acordo com os critérios de inclusão definidos.

Os 41 artigos aprovados na etapa anterior foram submetidos à leitura completa. Como resultado, somente 26 artigos realmente estavam de acordo com os critérios de inclusão e

relacionados à pergunta de pesquisa e os objetivos de estudo. Os dados utilizados nas análises foram extraídos destes 26 artigos à medida em que eles foram lidos.

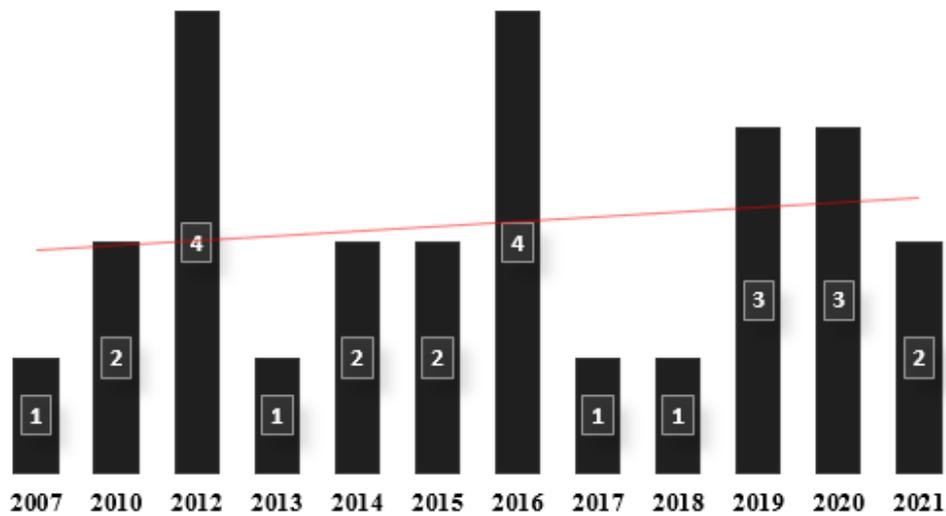
2.4.3 ETAPA 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com Tranfield *et al.* (2003), nesta etapa são expostos os resultados e as recomendações tiradas a partir dos estudos analisados. Portanto, esta seção apresenta os principais resultados bibliométricos, que tem como finalidade a análise do tamanho, crescimento e distribuição bibliográfica de determinado campo de conhecimento, cujos indicadores gerados são de extrema importância para a pesquisa acadêmica (PILKINGTON; MEREDITH, 2009, LEITE FILHO 2006), e a síntese de resultados, que comunica os resultados obtidos nos estudos analisados, fornecendo conclusões e contribuições para o tema estudado (MOHER *et al.*, 2009; TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

2.4.3.1 BIBLIOMETRIA GERAL

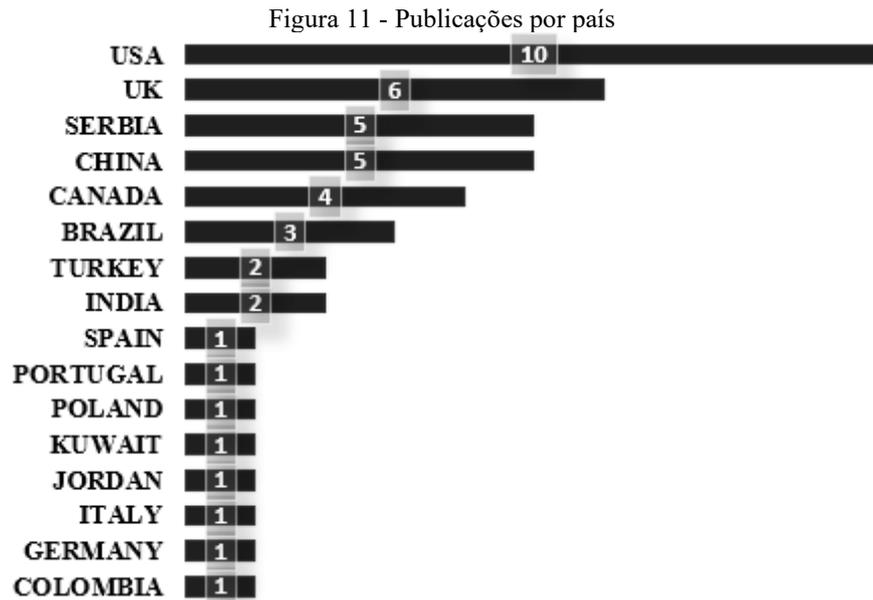
A Figura 10 apresenta um cenário do número de publicações por ano. Enquanto alguns anos apresentam publicações bastante baixas, outros apresentam um pico. O primeiro pico foi em 2012, onde Robinson *et al.* (2012) publicou um artigo que fomenta a combinação de simulação e *Lean* em hospitais e identifica sugestões de como utilizá-los em conjunto, influenciando diretamente os artigos produzidos posteriormente. Apesar de existirem oscilações, a linha de tendência sugere um crescimento das publicações para os próximos anos, sinalizando um potencial aumento da influência do *Lean Healthcare Simulation* nas tomadas de decisões hospitalares, visto que o aumento da competitividade e a necessidade de maior eficiência nos serviços de saúde estão ficando cada vez mais evidentes, principalmente depois das dificuldades enfrentadas com disrupções como o COVID-19.

Figura 10 - Produção anual



Fonte: Autor (2023)

A Figura 11 exibe os 15 principais países com produção científica sobre o tema. O resultado corrobora com uma tendência semelhante em estudos prévios, onde os EUA se encontram no topo da lista, seguido por Reino Unido. É notável a dominância da América do Norte (maior número de publicações) e da Europa (maioria dos países da lista), porém esta não é uma informação inesperada, uma vez que historicamente estas regiões têm uma base industrial e infraestruturas tecnológicas mais avançadas em comparação com outras localidades do mundo e costumam ser mais agressivas do que os outros na investigação dos princípios *Lean* (JASTIA; KODALI, 2015; URIARTE; NG; MORIS, 2020). Além disso, é possível observar a emergência de alguns países, como China e Brasil. A globalização das empresas americanas e europeias para estes países pode ser considerada uma forte razão do interesse nas áreas de *Lean* e simulação (URIARTE; NG; MORIS, 2020).



Fonte: Autor (2023)

A Tabela 1 apresenta as 10 revistas com maior número de publicações sobre o tema estudado. Dentre os países de origem estão EUA, Inglaterra, Holanda e Alemanha, com destaque aos dois primeiros, resultado similar ao apresentado anteriormente sobre a publicação por país dos autores. Nesta análise, é interessante realçar o desempenho do *European Journal of Operational Research*, com maior número de artigos e citações, e do *Emerging Infectious Diseases* com o maior *Journal Citation Reports* (JCR). Os principais campos de pesquisa são, do mais frequente ao menos, gestão, engenharia de produção, pesquisa operacional, ciência da computação, inteligência computacional, doenças infecciosas e imunologia. Como o *Lean* é um tema que está muito ligado à engenharia e gestão, enquanto Simulação está relacionada à pesquisa operacional e computação, a superioridade destes campos é justificável.

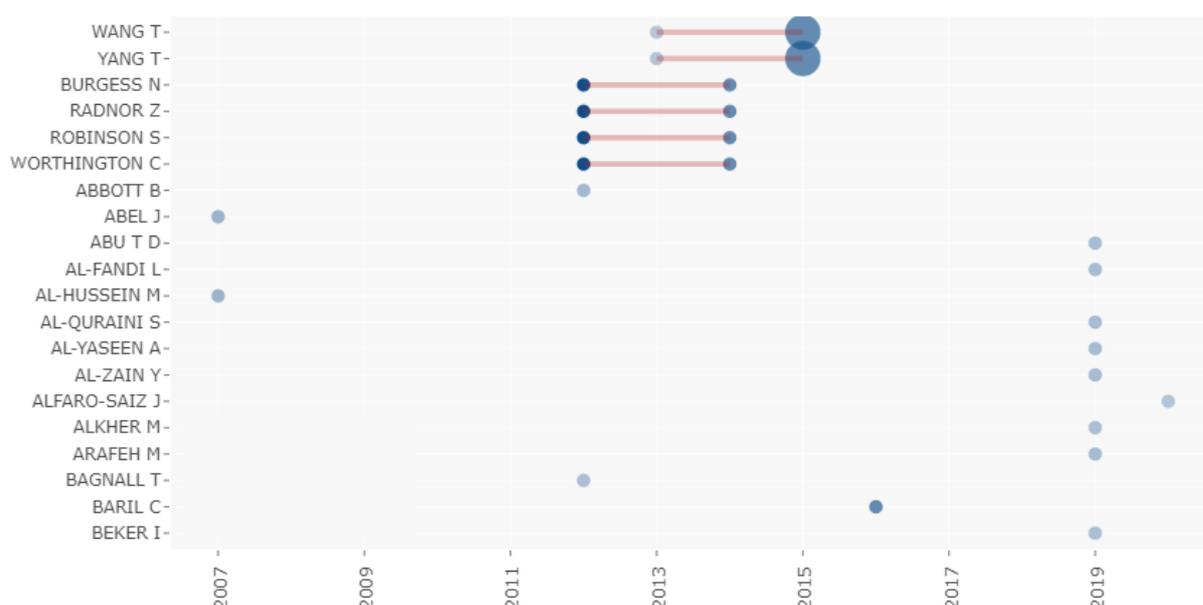
Tabela 1- Análise das top 10 revistas com mais citações

Revista	Nº de artigos	Total de citações	JCR	Campo
European Journal of Operational Research	3	196	5.334	Pesquisa operacional/Gestão
International Journal of Lean Six Sigma	2	25	3.329	Gestão/Engenharia de Produção
International Journal of Productivity and Performance Management	1	94	Not available	Gestão
Total Quality Management & Business Excellence	1	32	3.824	Gestão
Industrial Management & Data Systems	1	30	4.224	Ciência da computação/Engenharia de Produção
Facilities	1	26	Not available	Gestão
Studies in Computational Intelligence	1	23	Not available	Inteligência computacional
Emerging Infectious Diseases	1	12	6.883	Doenças infecciosas/imunologia
Engineering Management Journal	1	12	2.070	Gestão/Engenharia de Produção
Quality Management Journal	1	12	Not available	Engenharia

Fonte: Autor (2023)

Na Figura 12 é possível observar a produção dos autores ao longo dos anos. A linha representa a linha temporal de publicação do autor, a bolha tem seu tamanho proporcional ao número de documentos, e a cor é proporcional ao número de citações por ano (ARIA; CUCCUROLLO, 2016). Os autores que mais contribuíram com a produção do conhecimento sobre o tema foram Burgess, Radnor, Robinson, Worthington, Wang, Yang e Baril no período de 2012 a 2016. As publicações de 2012 foram as mais importantes para produtividade futura.

Figura 12 - Produção dos autores ao longo dos anos



Fonte: Autor (2023)

A Tabela 2 exibe os documentos que representam cerca de 80% das publicações que mais possuem citações. Esta análise proporciona uma confirmação de todos os dados citados anteriormente. A primeira no ranking tem uma influência muito grande nas publicações que vieram depois dela, ou seja, a partir de 2012. Os autores presentes neste *ranking* estão entre os que mais colaboraram com a difusão do conhecimento sobre o tema, como apresentado anteriormente. O intervalo de publicações (2012-2016) também corrobora com o período com maior produção científica. Por fim, as revistas que possuem o maior número de citações estão presentes na tabela.

Tabela 2 - Publicações mais citadas

Título	Autor(es)	Ano	Revista	Total de citações
SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare	Robinson S; Radnor Z; Burgess C	2012	European Journal of Operational Research	116
Application of Lean Six Sigma methodology in the registration process of a hospital	Bhat S; Gijo E V; Jnanesh N A	2014	International Journal of Productivity and Performance Management	94
Facilitated modelling with discrete-event simulation: Reality or myth?	Robinson S; Worthington C; Burgess N; Radnor Z	2014	European Journal of Operational Research	45
Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare	Baril C; Gascon V; Miller J; Côté N	2016	European Journal of Operational Research	35
Lean production in healthcare: a simulation-based value stream mapping in the physical therapy and rehabilitation department of a public hospital	Doğan N Ö; Unutulmaz O	2016	Total Quality Management & Business Excellence	32
Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design	Wang t K; Yang T; Yang C Y; Chan F T S	2015	Industrial Management & Data Systems	30

Fonte: Autor (2023)

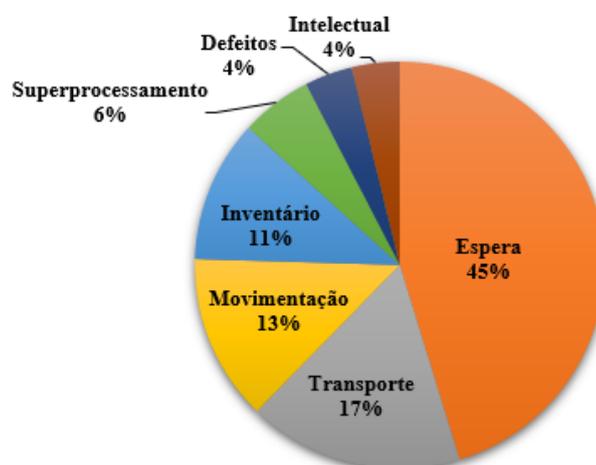
2.4.3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

Os desperdícios que mais são perseguidos em projetos de *Lean Healthcare Simulation* podem ser vistos na Figura 13. Os custos excessivos de tratamento, a falta de pessoal, as longas distâncias, longos tempos de estadia e a utilização dos recursos são questões presentes nos serviços de saúde que devem ser constantemente analisados a fim de se melhorar a performance (DOĞAN; UNUTULMAZ, 2016).

De maneira geral, os problemas de espera envolvem tanto os pacientes que aguardam em longas filas nas salas de espera para marcar a primeira consulta quanto para receber o atendimento médico de fato. Já do lado da equipe, geralmente enfermeiras perdem muito tempo aguardando por medicamentos, exames ou até pelos pacientes. Os problemas de excesso de movimentação ou transporte envolvem problemas com má distribuição de *layout*, escassez de pessoal ou processos mal definidos. Frequentemente os problemas de movimentação ou transporte estão ligados com o desperdício de espera, uma vez que, por exemplo, o transporte desnecessário de pacientes aumenta o tempo de permanência do mesmo no hospital.

O desperdício de inventário está diretamente ligado à disposição de itens nos corredores e amostras e testes laboratoriais considerados estoque em processo. Superprocessamento são casos em que os dados dos pacientes são abertos/atualizados desnecessariamente. Os defeitos estão presentes em situações com problemas nos formulários ou informações de pacientes e diagnósticos médicos. E por fim, o desperdício intelectual relaciona-se principalmente à moral das enfermeiras, que é totalmente afetada pela falta de empatia e participação dos médicos em projetos ou aceitações de melhorias.

Figura 13 - Desperdícios mais encontrados



Fonte: Autor (2023)

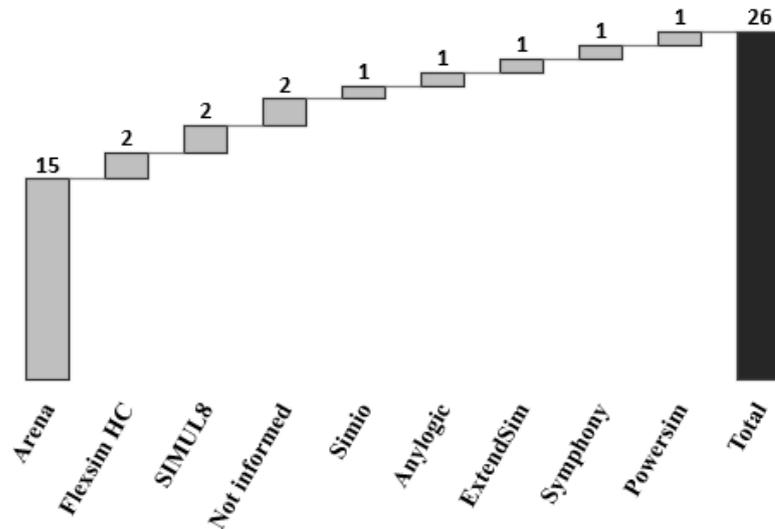
É possível notar que os itens relacionados ao fluxo de produção são os mais utilizados em relação ao número de ocorrências. Isto relaciona-se com os desperdícios mostrados anteriormente, já que espera, movimentação e transportes estão ligados ao fluxo do paciente em sua estadia no hospital. Por outro lado, os elementos da classe de diagnóstico e resolução de problemas são os que mais aparecem em quantidade, mostrando que podem existir diferentes abordagens ou visões de como fazer a interpretação e controle do problema.

A Simulação a Eventos Discretos é uma técnica de modelagem baseada em computador (KARNON *et al.*, 2012), portanto, o uso de *softwares* desenvolvidos para esta finalidade têm sido cada vez mais utilizados a fim de facilitar a aplicação dos métodos. A Figura 14 mostra os nove *softwares* mais utilizados em projetos de *Lean* e Simulação na área da saúde em números de artigos. O Arena é certamente o que mais se destaca, corroborando com o estudo de Dias, Vieira e Oliveira (2016) que mostra que o Arena é a ferramenta de SED mais popular e usada no mundo. Com exceção do Symphony e PowerSim, todos os outros possuem módulos específicos para *Healthcare*, promovendo ainda mais a facilidade de implantação e justificando sua presença na lista. Ainda sobre o estudo de Dias, Vieira e Oliveira (2016), FlexSim e Arena aparecem como as ferramentas com maior presença nas redes sociais, indicando um possível crescimento de popularidade da FlexSim Healthcare.

É importante destacar que entre os estudos analisados, 56% dos dados de entrada para os *softwares* foram coletados *in loco*, seguindo o princípio *Lean* de “ir ao *gemba*” (ir diretamente onde os dados reais de interesse estão disponíveis), 28% são provenientes de bases de dados dos hospitais e apenas 16% são um híbrido entre as duas formas de coleta.

Ferramentas estatísticas ou de modelagem complementares como Anova, Design of Experiments (DoE), SPSS, OptQeust, IDEF-SIM e Minitab também aparecem nos estudos investigados.

Figura 14 - Softwares de simulação a eventos discretos



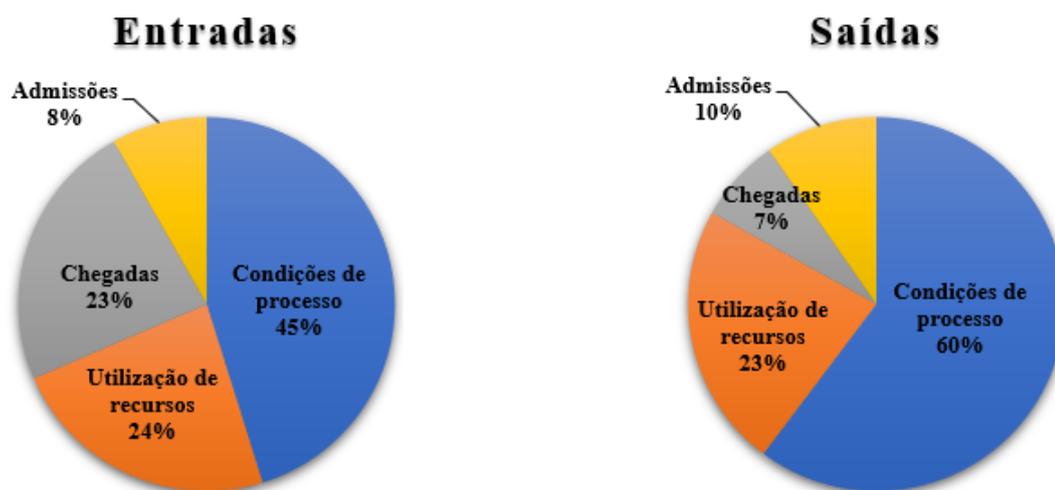
Fonte: Autor (2023)

Os modelos de simulação utilizam variáveis de entrada, aquelas que vão fornecer as informações necessárias para o modelo representar a realidade, e as variáveis de saída, que são as medidas de performance analisadas. Para os dois tipos, elas foram divididas em quatro categorias, conforme está representado na Figura 15.

Para as entradas, as “Condições de processo” envolvem os tempos de tratamento, tempo de transferência de pacientes, tempo gasto em filas e fluxo de pacientes. Já a “Utilização de recursos” contempla os turnos de trabalho, tempo de preparação de salas e leitos, quantidade de *staff* disponível, tempo de atendimento médico, tempo de atendimento da enfermagem e tempo de prontidão da equipe. “Chegadas” refletem os tempos entre as chegadas de pacientes, os momentos de chegadas e os tipos de pacientes que entram no sistema. Por fim, “Admissões” consideram o tempo de triagem e o tempo de admissão na recepção.

Do lado das saídas, fazem parte das “Condições de processos” o tempo de permanência (*Length of Stay* – LOS mais comumente conhecido), tempo médio de espera, tempo de processo, tempo transportando o paciente, quantidade de pacientes tratados e quantidade de pacientes em tratamento. “Utilização de recursos” envolve a taxa de utilização da equipe, número de locais de tratamentos ocupados, distância percorrida pelo *staff* e *status* dos equipamentos. Em “Admissão” são considerados o tempo em que o paciente demora para ser atendido depois da triagem, os custos por admissão e o número de pacientes que passaram pela triagem. E, as “Chegadas” refletem o número de entradas de pacientes que o sistema comporta e porcentagem de cada tipo de paciente que entrou no sistema.

Figura 15 - Variáveis dos modelos



Fonte: Autor (2023)

2.4.1 OPORTUNIDADES DE DESENVOLVIMENTO SOB A ÓTICA DA LITERATURA

O primeiro resultado notável neste estudo é de que não há dúvida que não existe melhor ou pior entre *Lean* e Simulação, e sim uma relação complementar. Nos projetos *Lean*, a simulação pode desempenhar um importante papel na avaliação dos efeitos das melhorias desenvolvidas (CRIDDLE; HOLT, 2018).

Robinson *et al.* (2012) expõem algumas motivações para o uso desta fusão, caracterizadas em três tipos, que são frequentemente consideradas:

- *SimLean Educate*: utilizado como uma forma de um treinamento sobre os conceitos chave do *Lean* ou entender o funcionamento dos processos, antes o durante um evento de forma a educar os participantes;
- *SimLean Facilitate*: durante um evento, um modelo dinâmico do processo pode ser construído para facilitar a geração de ideias e o debate;
- *SimLean Evaluate*: envolve o desenvolvimento de modelos detalhados do processo com o objetivo de experimentar as opções de melhoria para avaliar sua eficácia.

Levando em conta as definições acima citadas, é possível afirmar que nos artigos analisados, o *Lean Healthcare* e Simulação a Eventos Discretos basicamente são utilizados para avaliar as propostas, como sugere o *SimLean Evaluate*. Portanto, é correto concluir que o *Lean*

é o responsável pela geração de ideias e alternativas de melhorias, enquanto a SED dá suporte quantificando o impacto da implementação destas ações, deixando a proposta menos subjetiva.

Os efeitos de utilização da fusão definidas para cada artigo analisado, mostrada no Quadro na seção de Anexos, foram baseadas em medidas de performance do estudo feito por Crema e Verbano (2019), sendo eficiência clínica, flexibilidade do processo, melhoria na comunicação (equipe e pacientes), otimização da coordenação da equipe, aumento da motivação da equipe e sustentabilidade da implantação do *Lean*.

Já que aumentar a eficiência é um dos principais objetivos das organizações de saúde (DOĞAN; UNUTULMAZ, 2016) e, ainda um princípio chave do *Lean* é que o trabalho pode e deve ser feito de maneira mais eficiente (ISAAC-RENTON *et al.*, 2012), é portanto, justificável que a eficiência seja o fator comum a todos os projetos. A coordenação e motivação da equipe vem logo em seguida, pois um dos fatores chave para o sucesso da fusão dos métodos é o envolvimento junto à criação de uma cultura do time (BARIL *et al.*, 2016).

Neste estudo, como pode ser visto no Quadro no Anexo, emergência, laboratório, geral (para áreas não especificadas), urologia, pediatria, oftalmologia, departamento de informação, oncologia, fisioterapia, sala de operações, centro de vacinação, saúde ocupacional, obstetrícia e enfermaria foram as principais áreas em termos de aplicação do *Lean Healthcare Simulation*.

Dentre as 15 áreas, a emergência é a que mais se destaca. Stijono, Naraghi e Ravipati (2010) constataam que o tempo de espera é o maior componente das atividades que não agregam valor em uma ala de emergência, causado principalmente pela desequilíbrio entre oferta e demanda e indisponibilidade de recursos. Fazendo uma correlação, é viável dizer que esta afirmação se confirma com este estudo, uma vez que o desperdício mais explorado é o tempo de espera, e a área mais referenciada é a emergência. Além disso, os artigos que dizem respeito a ala de emergência buscam principalmente maior eficiência, flexibilidade de processo e melhor coordenação da equipe, confirmando a relação de causalidade exposta.

O laboratório também é uma área que se destaca. De acordo com Alkher *et al.* (2019), poucas pesquisas tratam sobre melhorias nos processos dos laboratórios clínicos, e Isaac-Renton *et al.* (2012) defendem que é preciso reconhecer as contribuições e necessidades do sistema laboratorial, visto que são peças chave para o funcionamento do sistema. Isto mostra que os laboratórios, sejam eles públicos ou privados, também devem ser objeto de implantações futuras.

É importante também mencionar as limitações e desafios que os autores enfrentaram na concepção destes projetos. Dentre eles estão:

- Resistência das partes envolvidas: resistência inicial (devido à falta de conhecimento

sobre a metodologia) e resistência durante a coleta de dados (medo de serem observados e julgados, resultando em demissões por não atender o desempenho esperado);

- Dados: dificuldade na captura correta da variabilidade de dados, dificuldade na execução de réplicas devido ao esforço computacional necessário e dificuldade na coleta e acesso aos dados;
- Restrição de aplicação: os modelos geralmente eram restringidos a apenas uma parte de todo o processo hospitalar, não considerando a dependência entre os departamentos.

Possivelmente pela natureza dos estudos analisados, não foram encontradas discussões sobre causas de falhas nestes tipos de projetos, uma vez que o foco era nas limitações e resultados mensuráveis. No entanto, é oportuno trazer uma discussão neste sentido para facilitar propostas de soluções. Existem alguns artigos que evidenciam as potenciais causas de forma isolada para o *Lean* e para a Simulação. Apesar de estarem isoladas, estas causas podem ocorrer em projetos de *Lean Healthcare Simulation*, visto que é uma junção das duas áreas.

Em relação à Simulação a Eventos Discretos, Jahangirian *et al.* (2015), Robinson e Pidd (1998) pontuam como causas de falhas:

Quadro 6 - Potenciais causas de falhas em projetos de simulação a eventos discretos

Código	Causas
S1	Falta de habilidades e dificuldade no entendimento das ferramentas
S2	Uso incorreto do <i>software</i>
S3	Modelo inválido ou inapropriado
S4	Dados inadequados ou insuficientes
S5	Objetivos mal definidos
S6	Interpretação incorreta dos resultados
S7	Momento inadequado
S8	Planejamento mal formulado
S9	Mudanças organizacionais
S10	Não participação do usuário final
S11	Falhas na comunicação
S12	Resistência a mudança
S13	Desconfiança dos stakeholders em resultados tangíveis e com impacto
S14	Suporte inadequado

Fonte: Jahangirian *et al.* (2015), Robinson e Pidd (1998)

As causas S1 a S4 são consideradas como “Técnicas”, que consideram basicamente o nível de entendimento dos *stakeholders*, disponibilidade de profissionais com *expertise* em modelagem e simulação, uso de modelos computacionais que não representam a realidade e obtenção de dados não confiáveis. S5 a S8 são as causas relacionadas a “Projetos”, que consistem em não definir corretamente os objetivos de acordo com o que o usuário final deseja, cronogramas irrealistas ou mal programados acarretando em atrasos e conclusões incorretas sobre os experimentos. Por fim, S9 a S14 são as causas “Organizacionais”, que relacionam as mudanças de prioridades ou recursos da organização durante o projeto, resistência dos envolvidos com a mudança, comunicação inapropriada entre os especialistas e a equipe, falta de comprovações de resultados rápidos ou tangíveis e falta de suporte e engajamento das partes interessadas (CAMPOS, 2018; JAHANGIRIAN *et al.*, 2015; ROBINSON; PIDD, 1998).

Já em relação as causas de falhas em projetos *Lean Healthcare*, podem ser consideradas:

Quadro 7 - Potenciais causas de falhas em projetos *Lean Healthcare*

Código	Causas
L1	Percepção
L2	Terminologia
L3	Falta de entendimento do <i>Lean</i>
L4	Habilidades profissionais/pessoais
L5	Hierarquia e gestão
L6	Resistência a mudanças
L7	Medidas de performance inadequadas
L8	Dificuldade na definição de desperdícios
L9	Aplicação baseada em ferramentas
L10	Aplicação desarticulada

Fonte: De Souza e Pidd (2011); Soliman e Saurin (2017)

As causas L1 a L3 estão relacionadas a aspectos “Técnicos”, que envolvem a dificuldade do entendimento dos profissionais da saúde sobre a metodologia e as terminologias do *Lean* e a percepção incorreta de seu uso. L4 a L6 são causas “Organizacionais”, que dizem respeito a falta de bases gerenciais para suportar os processos de melhoria, resistência do time em mudar sua cultura ou modo de operar e carência de habilidades qualitativas e quantitativas em profissionais da saúde. L7 a L10 são as causas de “Projeto”, onde existem problemas com a coleta de dados, na avaliação da efetividade das propostas e falta de habilidades na execução dos projetos (CAMPOS, 2018; DE SOUZA; PIDD, 2011; SOLIMAN; SAURIN, 2017).

É indispensável, depois de analisar as limitações e barreiras, propor oportunidades e perspectivas futuras para novos estudos. Portanto, algumas sugestões foram sumarizadas em alguns pontos sinalizando futuras oportunidades:

- Evidenciar o uso do *Lean*: conforme ilustrado no Quadro no Anexo ao fim do trabalho, nem todos os estudos de *Lean Healthcare Simulation* deixam explícitos quais os princípios e ferramentas *Lean* utilizados. Seria interessante elucidar o leitor sobre a forma e o modo de uso destes conceitos para facilitar a interpretação e replicação;
- Expandir a aplicação: estudos futuros devem buscar abranger as interdependências entre os processos dos hospitais, e com isso, consolidar a cultura *Lean* no sistema

como um todo alcançando resultados globais;

- Explorar novos horizontes: estudos futuros podem avançar para novas áreas e departamentos hospitalares, como a cadeia de suprimentos e gestão da manutenção. Além disso, também é válida a exploração de outros recursos além de enfermeiras, médicos e recepcionistas;
- Aderir a otimização: grande parte dos projetos apresentam multiobjetivos e um conjunto de restrições. Considerando as saídas do modelo de simulação como as entradas para a otimização pode ser uma boa forma de alcançar a solução ótima de um problema;
- Diversificar métodos de estudos: é evidente que é necessário um número maior de estudos de aplicação do *Lean Healthcare Simulation*. Porém, também existem oportunidades de desenvolvimento de *surveys* e meta-análises;
- Desenvolvimento de pessoal: é interessante pensar em possibilidades de tentar engajar a equipe cada vez mais na cultura *Lean*, seja por meio de *workshops*, treinamentos ou eventos *kaizen*;
- Solucionar as barreiras: estudos futuros podem focar nas causas de falhas de implementação citadas, buscando fatores em comum e meios para eliminá-las.

Após analisar estudos empíricos de *Lean Healthcare Simulation* em relação a sua multidisciplinaridade, ou seja, a fusão da área de *Lean* e de Simulação a Eventos Discretos, é possível concluir que a adoção combinada destes conceitos traz melhorias aos processos hospitalares, evitando complicações no momento da implantação, e facilita a decisão dos tomadores de decisão, reduzindo a subjetividade das propostas.

Levando em consideração os tópicos propostos da introdução deste trabalho, assim com as oportunidades elencadas nesta seção, o próximo capítulo fala sobre o Promethee, um método quantitativo de tomada de decisão. Visando atender o objetivo de aderir a otimização nos resultados da combinação de *Lean Healthcare* e Simulação a Eventos discretos, assim como superar as barreiras citadas anteriormente, é válido que a utilização de uma técnica que auxilie na tomada de decisão seja inserida para construir uma sistemática de seleção de projetos

2.5 SELEÇÃO DE PROJETOS COM MÉTODOS MULTICRITÉRIO

Visando atender a dois tópicos levantados anteriormente como oportunidades de estudos futuros (solucionar barreiras e aderir a otimização), a proposta deste trabalho é desenvolver uma sistemática de seleção de projetos que, de acordo com algumas sugestões dadas por De Souza e Pidd (2011), pode ser considerada uma solução coerente.

Como este problema envolve mais de um critério, torna-se propício o uso de técnicas de tomada de decisões multicritério. O PROMETHEE é responsável por obter o ranqueamento final e selecionar o melhor projeto de acordo com os pesos definidos (BOGDANOVIC; NIKOLIC; IVANA, 2012; DAĞDEVIREN, 2008; MÉLLO, 2019; POLAT et al., 2016).

2.5.1 *PROMETHEE*

O acrônimo PROMETHEE significa “*Preference Ranking Organization METHod for Enriched Evaluation*”. Este método pertence à família dos métodos *outranking*, introduzidos por B. Roy (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986) e foi melhor desenvolvido por Brans em 1982 e posteriormente complementado por Vincke e Brans em 1985 (BEHZADIAN *et al.*, 2010).

Os métodos *outranking* podem ser mais adequados quando se deseja evitar o que se considera serem pressupostos excessivamente restritivos de abordagens baseadas no valor ou na utilidade, utilizando modelos de preferências que captam mais fielmente a maneira como os decisores pensam (BELTON; STEWART, 2002)

Estes métodos fornecem uma visão considerável sobre as conclusões, uma vez que concentram-se na forma como os decisores traduzem naturalmente as preferências, deixando mais claro se uma alternativa deve ou não ser julgada como mais preferida do que outra (BELTON; STEWART, 2002).

De acordo com Ishizaka e Nemery (2013) o PROMETHEE fornece ao decisor uma classificação de alternativas baseadas em graus de preferência, e possui três cálculos básicos:

- Cálculo dos graus de preferência para cada par de alternativas;
- Cálculo dos fluxos uni critério;

- Cálculo dos fluxos globais.

As comparações em pares são baseadas na diferença entre as avaliações de duas alternativas, medida na preferência de um decisor entre alternativas sobre cada critério. Para cada critério, o nível de preferência unicritério é dimensionado por meio de informações de graus de preferência. Com base nos fluxos globais, é obtida a classificação das alternativas e a representação gráfica do problema (ISHIZAKA; NEMERY, 2013).

Resumidamente, o PROMETHEE é um método de sobreclassificação para um conjunto finito de alternativas a serem selecionadas por meio de critérios que são frequentemente contraditórios (BEHZADIAN *et al.*, 2010).

O PROMETHEE e suas aplicações tem atraído cada vez mais a atenção de acadêmicos e profissionais. Diversos são as áreas de aplicações bem sucedidas do método, como investimentos, medicina, planejamento de recursos hídricos, transportes, gestão de energia e gestão empresarial. O sucesso do método atribui-se principalmente às suas propriedades matemáticas e à sua facilidade de utilização (BEHZADIAN *et al.*, 2010; BRANS; SMET, 2016).

Conforme mostram Brans, Vincke e Mareschal (1986), para cada comparação entre duas alternativas $a, b \in K$, os resultados são expressos em forma de preferência de acordo com a função de preferência (Eq. 1) que representa a intensidade de preferência de uma alternativa a em relação a b .

$$P: K \times K \rightarrow (0,1) \quad (1)$$

De tal modo que:

- $P(a, b) = 0$ significa uma indiferença ou não preferência entre a e b ;
- $P(a, b) \sim 0$ significa fraca preferência de a sobre b ;
- $P(a, b) \sim 1$ significa forte preferência de a sobre b ;
- $P(a, b) = 1$ significa estrita preferência de a sobre b .

Os procedimentos do PROMETHEE necessitam de várias etapas, que foram resumidas em 3 passos baseadas nos trabalhos de Brans, Vincke e Mareschal (1986), Mareschal e Smet (2009), Brans e Smet (2016), Behzadian *et al.* (2010).

O primeiro passo é determinar os desvios baseados e a função de preferência. Como a

estrutura de preferência do PROMETHEE se baseia em comparações par a par, deve ser considerado a função de preferência $P_j(a, b)$ (Eq. 2 e 4), que representa uma função não decrescente do desvio entre as avaliações de duas alternativas $d_j(a, b)$ (Eq. 3) sobre um determinado critério g_j para um grau variando de 0 a 1.

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)] \quad (2)$$

onde:

$$d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (3)$$

portanto:

$$P_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (4)$$

Existem seis formas de função de preferência que são generalizadas a uma função $H(d)$ diretamente relacionada a função de preferência P (Eq. 5).

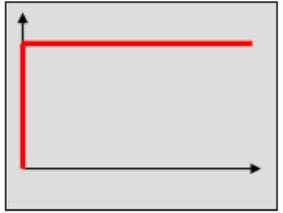
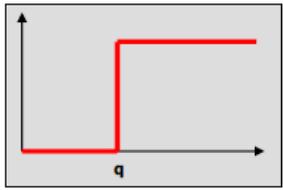
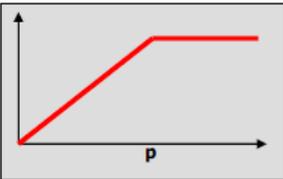
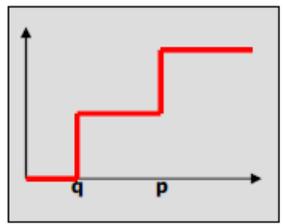
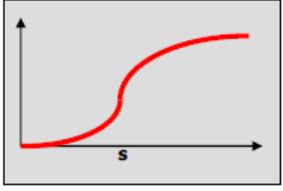
$$H(d) = \begin{cases} P(a, b), & d \geq 0 \\ P(b, a), & d \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

O Quadro 8 apresenta todas as seis funções propostas, onde:

- q representa o limiar de indiferença;
- p representa um limiar de preferência estrita ($P_j(a, b) = 1$);
- s representa um valor intermediário entre p e q .

Mareschal (2012) *apud* Amaral (2013) descreve como escolher a função de preferência. As do tipo “Forma V” e “Linear” são mais recomendadas para critérios quantitativos (preço, custos, etc.), a depender da necessidade de se introduzir limites de indiferença. A “Gaussiana” é a menos utilizada pelo fato de possuir parâmetros mais difíceis de serem calculados, consumindo mais tempo do processo decisório. As do tipo “Usual” e “Em níveis” são mais indicadas para critérios qualitativos (sim/não, escala de cinco pontos, etc.), sendo a “Em níveis” mais adequada para casos em que seja necessário diferenciar as pequenas variações das grandes.

Quadro 8- Tipos dos critérios das funções generalizadas

Critério	Definição	Condição de preferência	Visualização
Usual	Há indiferença na escolha entre a e b somente se $g(a) = g(b)$	$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{se } d = 0 \\ 1 & \text{se } d \neq 0 \end{cases}$	
Forma “U”	a e b são indiferentes desde que q não seja excedido, senão $a \succ b$	$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{se } d \leq q \\ 1 & \text{se } d > q \end{cases}$	
Forma “V”	Se $d < p$, a preferência aumenta linearmente com d . Se $d > p$, há uma situação estrita.	$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{se } d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & \text{se } 0 \leq d \leq p \\ 1 & \text{se } d > p \end{cases}$	
Em níveis	q e p são simultaneamente definidos. Se $q \leq d \leq p$, há preferência fraca	$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{se } d \leq 0 \\ \frac{1}{2} & \text{se } q \leq d \leq p \\ 1 & \text{se } d > p \end{cases}$	
Linear	Aumento linear de indiferença para estrita preferência entre q e p	$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{se } d \leq 0 \\ \frac{d-q}{p-q} & \text{se } q \leq d \leq p \\ 1 & \text{se } d > p \end{cases}$	
Gaussiano	Somente necessário determinar valor de σ	$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{se } d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}} & \text{se } d > 0 \end{cases}$	

Fonte: Adaptado de Brans, Vincke e Mareschal (1986); Brans e Smet (2016)

No segundo passo faz-se o cálculo do índice de desempenho global. Para isso, é necessário avaliar numericamente os pesos w_j dos critérios g_j . Os pesos são normalizados da seguinte forma (Eq. 6).

$$\sum_{j=1}^k w_j = 1 \quad (6)$$

Então, um índice de preferência π é calculado com a média ponderada das funções de preferência P_j (Eq. 7).

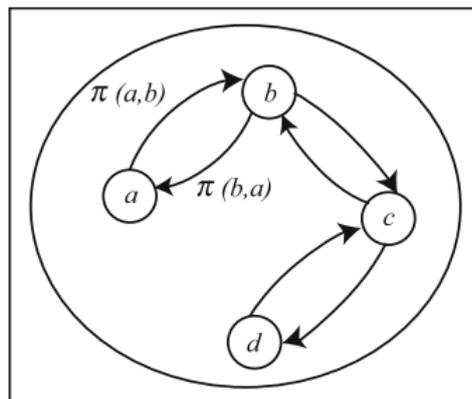
$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(a, b) \quad (7)$$

Nesta equação, $\pi(a, b)$ representa a intensidade de preferência do tomador de decisão de a em relação a b , quando considerados simultaneamente todos os critérios em graus entre 0 e 1, onde:

- $\pi(a, b) \approx 0$ caracteriza uma fraca preferência de a sobre b ;
- $\pi(a, b) \approx 1$ caracteriza uma forte preferência de a sobre b .

Esta relação pode ser representada graficamente (Figura 16), onde entre dois nós (alternativas), a e b , existem dois arcos com valores $\pi(a, b)$ e $\pi(b, a)$, não existindo relação particular entre eles.

Figura 16 - Relações de preferência

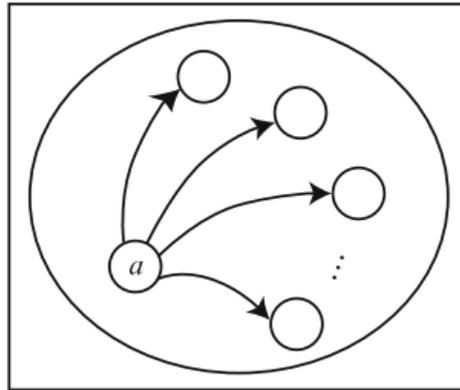


Fonte: Brans e Smet (2016)

De forma a avaliar globalmente cada alternativa em relação a outro, nesta terceira e última etapa são calculados três fluxos de preferência.

O fluxo positivo reflete a força de preferência de uma alternativa em relação à todas as outras (Figura 17).

Figura 17- Fluxo positivo do PROMETHEE



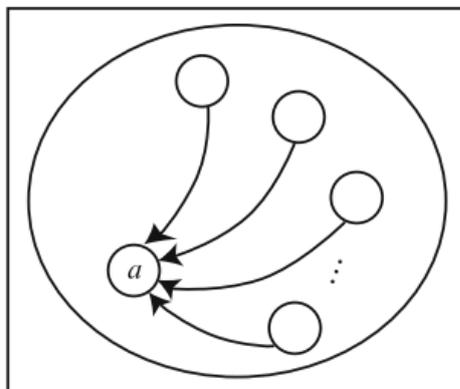
Fonte: Brans e Smet (2016)

O fluxo positivo é expresso pela Equação 8:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in K} (a, b) \quad (8)$$

Já o fluxo negativo retrata o quanto uma alternativa é ultrapassada por todas as outras (Figura 18).

Figura 18- Fluxo negativo do PROMETHEE



Fonte: Brans e Smet (2016)

O fluxo negativo é expresso pela Equação 9:

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in K} (b, a) \quad (9)$$

O fluxo líquido (Eq. 10) é o resultado da ponderação entre os fluxos positivo e negativo. Quanto maior, melhor é a alternativa.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (10)$$

Ao longo dos anos, o PROMETHEE passou por desenvolvimentos e adaptações, formando uma família de métodos, que se classificam em (BEHZADIAN *et al.*, 2010; BRANS; MARESCHAL, 1994; BRANS; SMET, 2016):

- PROMETHEE I: desenvolvido por Brans em 1982 e fornece um ordenamento parcial das alternativas;
- PROMETHEE II: desenvolvido por Brans em 1982 e fornece um ranqueamento completo das alternativas;
- PROMETHEE III: desenvolvido por Brans e Mareschal e fornece um ordenamento baseado em intervalos;
- PROMETHEE IV: desenvolvido por Brans e Mareschal e oferece ranqueamento parcial ou completo quando o conjunto de soluções é contínuo;
- PROMETHEE V: desenvolvido por Brans e Mareschal em 1992 fornece um ordenamento quando as alternativas apresentam um conjunto de restrições;
- PROMETHEE VI: desenvolvido por Brans e Mareschal em 1994 e fornece um ranqueamento e uma representação do cérebro humano;
- PROMETHEE-GAIA: proporciona uma representação gráfica que suporta o ordenamento do PROMETHEE;
- PROMETHEE GDSS: para decisões em grupo;
- PROMETHEE TRI: para lidar com problemas de categorização;
- PROMETHEE CLUSTER: para classificações nominais.

2.5.2 PROMETHEE I E II

De acordo com Brans, Vincke e Mareschal (1986) e Brans e Smet (2016), o ranqueamento parcial do PROMETHEE I é obtido por meio dos fluxos negativos e positivos. Quanto maior o fluxo de saída e menor o de entrada, melhor a alternativa. O ranqueamento é obtido considerando a intersecção do pré-ordenamento, sendo:

- $aP^l b$ quando a supera b ;
- $aI^l b$ quando a é indiferente de b ;
- aRb quando a e b são incomparáveis.

Onde P^l , I^l e R significam respectivamente, preferência, indiferença e incomparabilidade.

Se um ranqueamento completo é requerido (Eq. 11), o PROMETHEE II fornece um balanço entre os fluxos positivo e negativo.

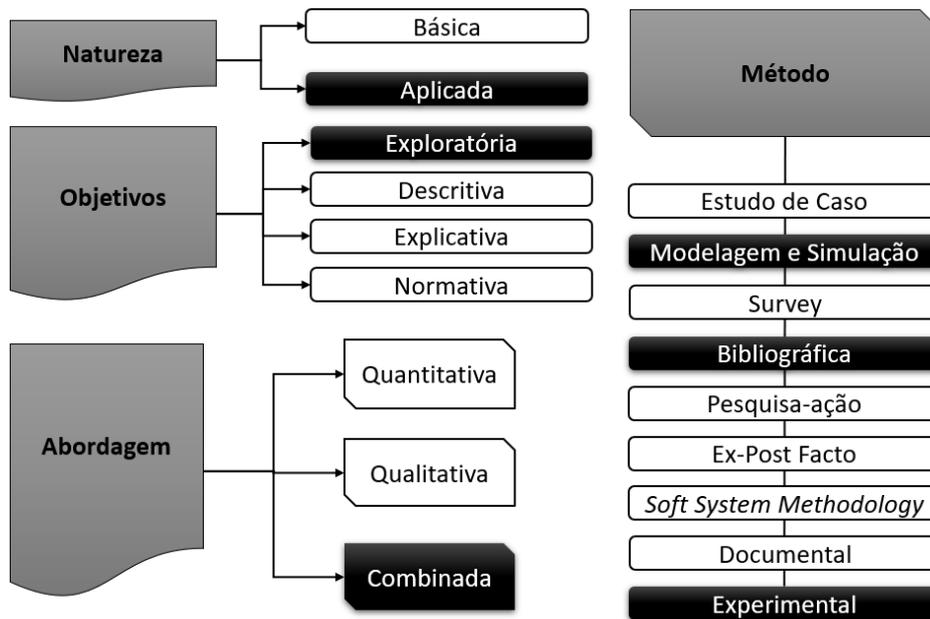
$$\begin{cases} aP^{ll}b & \text{se } \phi(a) > \phi(b) \\ aI^{ll}b & \text{se } \phi(a) = \phi(b) \end{cases} \quad (11)$$

Isto significa que se a supera b , ela é representada por $aP^{ll}b$. No PROMETHEE II, todas as alternativas são comparadas, não restando incomparabilidades.

3. MÉTODO

Gil (2002) afirma que para considerar um conhecimento como científico, é necessário identificar o método que possibilitou sua constatação. Em relação a sua classificação geral, esta pesquisa divide-se da seguinte forma (Figura 19):

Figura 19 - Classificação geral da pesquisa



Fonte: Adaptado de Turrioni; Melo (2012); Gil (2002)

O texto abaixo discorre sobre todos os métodos utilizados para desenvolver o estudo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto a sua natureza, esta pesquisa caracteriza-se como Pesquisa Aplicada, que, segundo Silva e Menezes (2005), tem como objetivo fornecer fundamentos para a aplicação prática voltados para a solução de problemas, o que fundamenta a pesquisa devido ao fato de que a proposta é solucionar os problemas de tomada de decisão em torno da aplicação de um método de apoio a decisão multicritério.

Como esta pesquisa utiliza revisão bibliográfica, estudos documentais e simulação, ela se caracteriza como Exploratória, uma vez que tem como objetivo desenvolver, esclarecer e

modificar conceitos e ideias, de modo a tornar o problema mais explícito para dar uma visão geral mais aproximada acerca de determinado assunto pouco explorado (GIL, 2008).

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, este trabalho pode ser classificado como Pesquisa Quali-Quantitativa, com a parte quantitativa dominante. O que constitui um método de pesquisa quantitativa envolve uma abordagem numérica ou estatística do projeto de pesquisa, tendo como resultados os dados que serão usados para medir objetivamente a realidade (WILLIAMS, 2007). A pesquisa qualitativa considera uma relação entre o mundo real e o sujeito, não sendo traduzida em números, onde o pesquisador é o instrumento chave e o ambiente natural a fonte para coleta de dados (SILVA; MENEZES, 2005). “Nesta perspectiva, a pesquisa qualitativa pode ser apoiada pela pesquisa quantitativa e vice-versa, possibilitando uma análise estrutural do fenômeno com métodos quantitativos e uma análise processual mediante métodos qualitativos” (SCHNEIDER; FUJII; CORAZZA, 2017).

Como uma das etapas deste trabalho é fazer um levantamento na literatura sobre os principais tópicos que envolvem o *Lean Healthcare* e a simulação, pode-se dizer que esta é uma Pesquisa Bibliográfica, que segundo Severino (2014), é aquela que utiliza-se de dados ou teorias já trabalhadas anteriormente, seja em livros, artigos, teses ou documentos impressos.

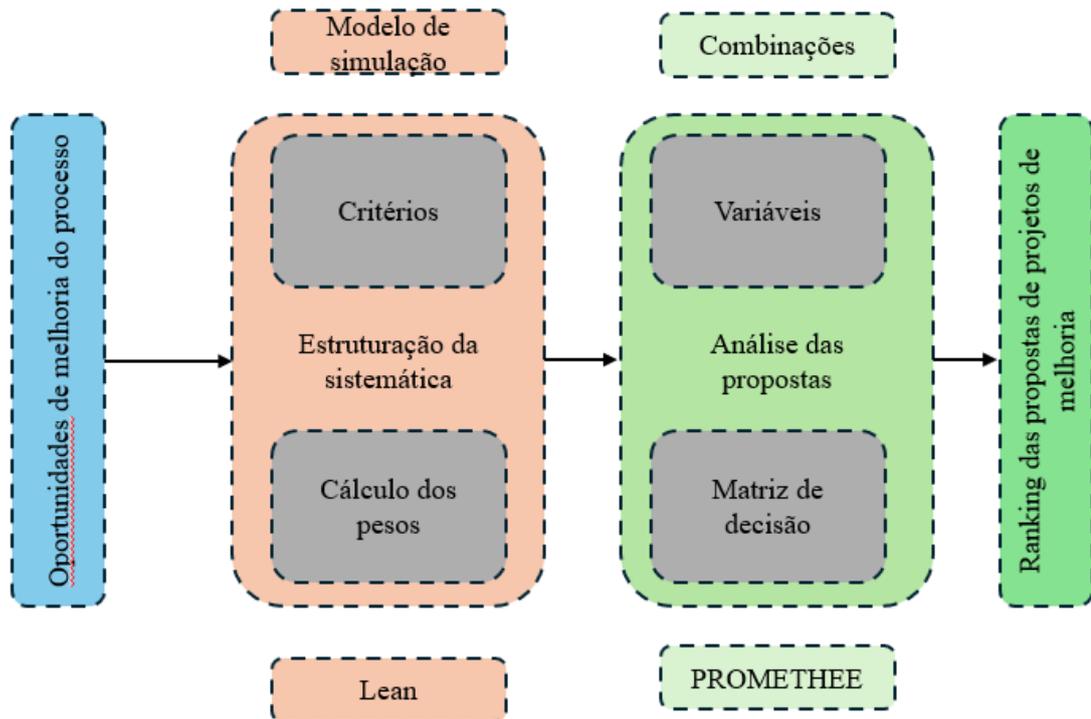
Como o estudo de caso é desenvolvido com variáveis pré-definidas para a construção de um modelo, caracteriza-se como experimental, que conforme Gil (2008) é um método que submete os objetos de estudo à influência de variáveis em condições controladas e conhecidas.

Por fim, técnica de Modelagem e Simulação será utilizada para representar o funcionamento da sistemática do multicritério de ordenamento de alternativas de projetos, que de acordo com Turrioni e Mello (2012), é empregada quando deseja-se entender o comportamento de um sistema real em relação às modificações propostas.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento de construção da sistemática é construído conforme Figura 20:

Figura 20 - Sequenciamento das atividades da pesquisa



Fonte: Adaptado de Stewart e Belton (2002)

A estruturação deste projeto inicia-se com a classificação da pesquisa e concepção da ideia com base nos estudos sobre *Lean Healthcare*, Simulação a Eventos Discretos e Métodos Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão em bases de dados relevantes para a área das Engenharias III, como *Web of Science*, *Scopus*, *Engineering Village* e *Emerald Insight*, uma base relevante para a área da saúde, *Medline/PubMed* e uma relevante para negócios e administração, EBSCO (*Business Source Premier*), com o objetivo de desenvolver um cenário geral sobre o assunto. Com isso, foi possível estabelecer a característica da aplicação dos conceitos e identificar lacunas da literatura, criando uma base de conhecimento acerca do tema para a estruturação do problema.

Com a base do assunto definida, a próxima etapa foi o levantamento sistemático do tema através de uma revisão sistemática. As bases *Web of Science* e *Scopus*, pelo fato de englobarem o maior número de artigos, incluindo os das outras bases anteriormente analisadas. O objetivo foi coletar informações e mapear as variáveis do problema, que envolvem critérios de tomada de decisão, barreiras na implementação do *Lean Healthcare Simulation*, melhorias esperadas e desperdícios mais encontrados.

A segunda fase da pesquisa começa com o desenvolvimento do modelo, que consiste na construção de:

- Modelo de simulação do processo hospitalar
- Conjunto de alternativas: composta pelas soluções de melhorias propostas;
- Conjunto de critérios: indicadores de desempenho utilizados nos modelos de simulação estudados;
- Definição e atribuição dos pesos de cada critério e;
- Atribuição de graus de importância da relação critério x alternativa.

O modelo de tomada de decisão será construído com base no método Promethee II. Como a ideia é criar uma relação de sobreclassificação das propostas de melhoria, o resultado do problema deve apresentar um caráter não compensatório, que segundo Silva *et al.* (2014) e Macharis *et al.* (2004), em métodos não compensatórios não há *trade-offs* entre os critérios, ou seja, um mau desempenho em um deles não será compensado por um bom desempenho em outro. Além disso, a escolha por este método também se justifica pelo fato de que, segundo Goumas e Lygerou (2000), o Promethee é um método bastante simples na sua concepção e aplicação se comparado a outros métodos de análise multicritério, facilitando o entendimento de pessoas que atuam na implantação do *Lean Healthcare* e não tenham conhecimento de métodos de análises multicritérios. Para completar, Ishizaka e Nemery (2013), afirmam que a família Promethee II apresenta uma classificação completa das alternativas.

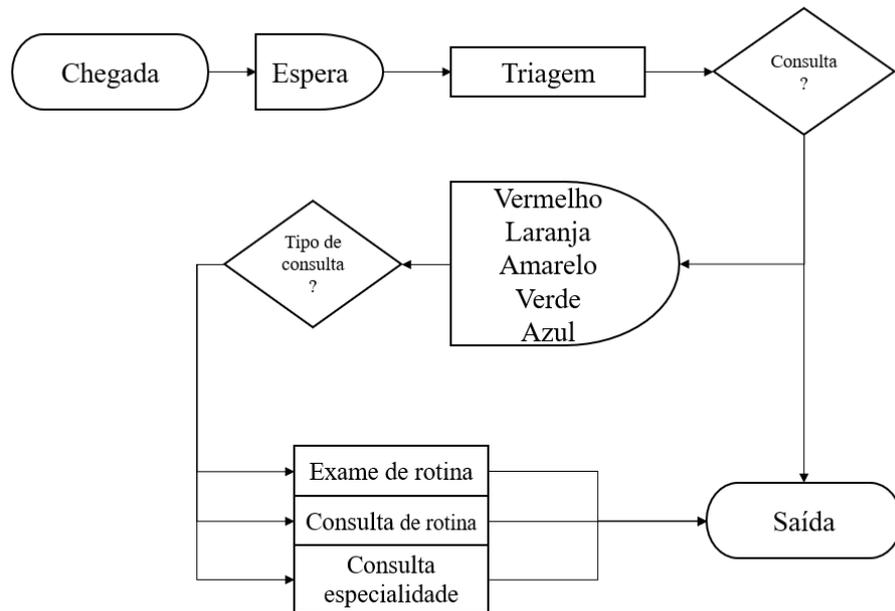
A última fase, a de validação, é onde cada uma das alternativas são analisadas em relação às suas restrições. O resultado é o ordenamento final das propostas do estudo, considerando todos os pontos relevantes. O ponto final desta etapa é a análise conclusiva sobre a efetividade da sistemática proposta.

3.3 FRAMEWORK DE APLICAÇÃO

A metodologia de avaliação de configurações hospitalares segue uma lógica de três etapas para sua construção: simulação, otimização e decisão multicritério.

Para o estudo de caso, um processo fictício de um hospital foi modelado. O modelo conceitual é baseado em uma operação padrão de um hospital, como pode ser visto na figura 21.

Figura 21 - Fluxograma da operação hospitalar



Fonte: Autor (2024)

A chegada de pacientes é aleatória e considera os pacientes que chegam de ambulância ou caminhando. Após isso, os pacientes são encaminhados a uma sala de espera e passam por um processo de triagem que segue o protocolo de Manchester, onde o paciente recebe uma cor de acordo com o estado de gravidade apresentado. De acordo com o nível de urgência e o tipo de atendimento necessário, os pacientes são encaminhados para as respectivas salas de consultas, onde já se encontram os médicos. Neste modelo foram consideradas três tipos de consultas, exame de rotina, consulta de rotina e consulta de especialidade. Finalizado o atendimento, os pacientes são liberados do sistema.

A modelagem dos dados foi baseada em premissas e protocolos médicos. As variáveis de entrada referem-se ao perfil da demanda, métricas de operação e tempo de atendimento. O perfil da demanda relaciona-se aos tempos de espera dos pacientes no sistema, estes baseados no protocolo de Manchester, tendo vermelho sem espera, laranja 10 minutos, amarelo 50 minutos, verde 120 minutos e azul 240 minutos. Como métricas de operação tem-se três cenários de operação com suas respectivas demandas divididas entre as escalas, sendo demandas urgentes, não-urgentes e padrão. Por fim, o tempo de atendimento considera uma distribuição triangular para o tempo de atendimento de cada tipo de consulta e distribuição igualitária entre suas utilizações, sendo exame de rotina, consulta de rotina e consulta de especialidade. A tabela 3 ilustra os dados do modelo.

Tabela 3 - Dados da construção do modelo

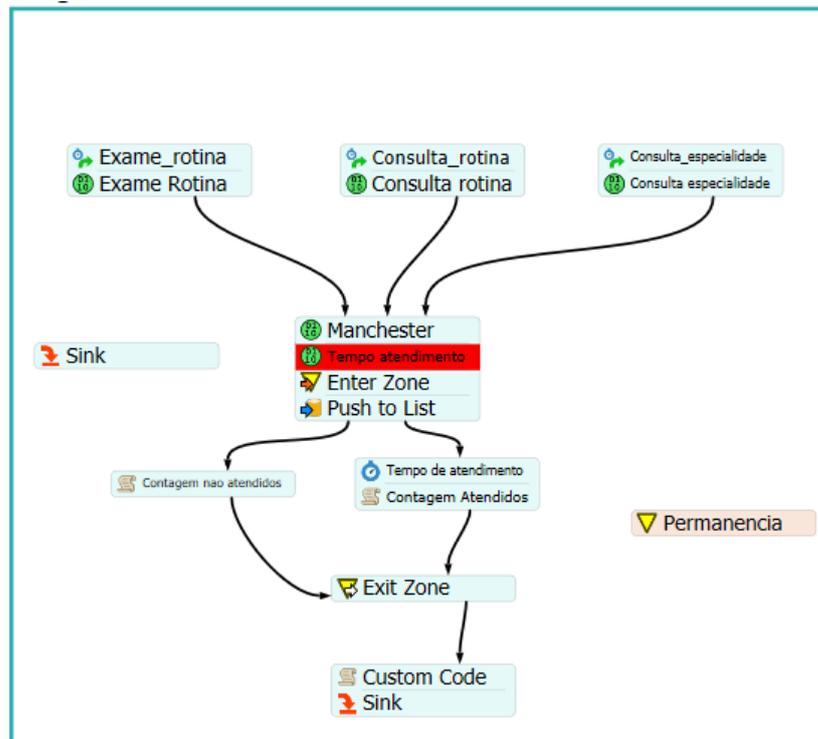
Perfil da demanda		
Vermelho	0 minutos	≥ 1 cirurgião
Laranja	10 minutos	≥ 1 cirurgião
Amarelo	50 minutos	Pode ou não ter cirurgião
Verde	120 minutos	≥ 1 geral
Azul	240 minutos	≥ 1 geral
Métricas de Operação		
Demandas urgentes	[300, 300, 200, 100, 100]	
Demandas padrão	[100, 100, 300, 250, 250]	
Demandas não-urgentes	[50, 100, 200, 325, 325]	
Tempo de atendimento		
Exame de rotina	[15, 30, 45] minutos	
Consulta de rotina	[15, 30, 45] minutos	
Consulta especialidade	[15, 30, 45] minutos	

Fonte: Autor (2024)

Como variáveis de saída, que são aquelas que servirão de entradas para a sistemática multicritério, encontram-se tempo total no sistema (LOS), tempo de espera, ociosidade de médicos gerais e ociosidade de médicos cirurgiões. Com isso, será possível determinar a quantidade ideal de médicos para cada tipo de demanda.

Três cenários serão estudados separadamente, os de demanda alta, média e baixa. Para todos eles, o modelo de simulação será o mesmo, conforme a Figura 22, diferenciando somente o perfil de demanda. O *software* Flexsim, com sua função de Process Flow foi utilizado para a modelagem do sistema. O software foi escolhido pois, além de apresentar boa aceitação no público segundo as pesquisas feitas na revisão sistemática, ele apresenta uma interface de fácil entendimento e utilização, visto que a ideia é que a sistemática não seja somente utilizada por experts em simulação, mas também profissionais da área da saúde que podem não ter experiência com SED. Um período de 24 horas de trabalho foi considerado.

Figura 22 – Modelo de simulação base para o estudo



Fonte: Autor (2024)

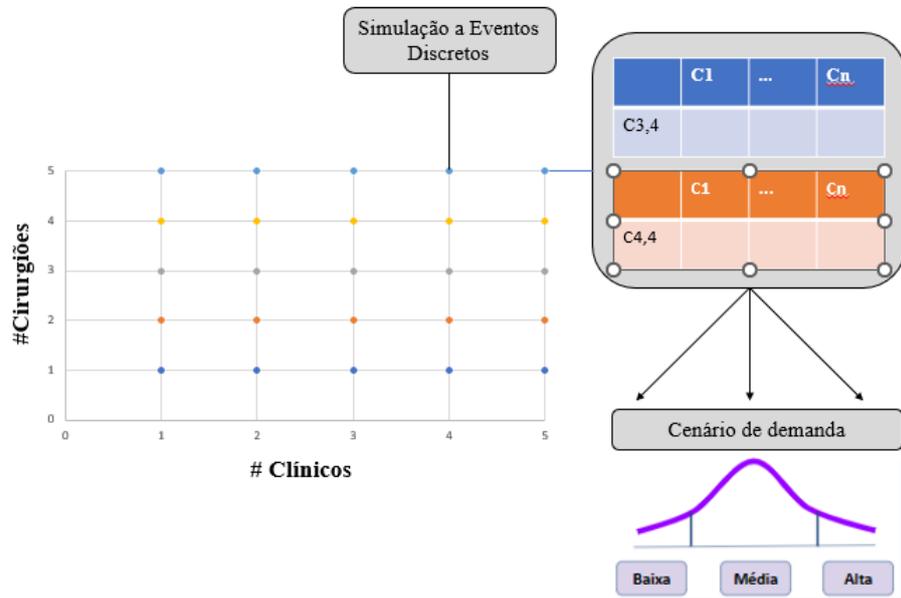
Três entradas de pacientes diferentes foram criadas seguindo uma distribuição exponencial, que segundo (MORGAN; BANKS; CARSON, 1984), é frequentemente utilizada para fins de simulação quando os tempos de serviço são completamente aleatórios. A quantidade de pacientes que entram no sistema depende do tipo de demanda a ser estudada.

Quando um paciente chega, ele é levado a uma fila de espera e aguarda até que um médico esteja disponível e o atenda. O tempo de espera do paciente é baseado no protocolo de Manchester e, se excedido, ele sai do sistema (vai embora sem atendimento). Isso foi feito para que seja possível ter uma visão mais clara da quantidade de pacientes que ultrapassam o tempo de espera determinado pelo protocolo. Além disso, depois do atendimento, o paciente também sai do sistema.

Os médicos ficam esperando até que um paciente esteja disponível. Depois de atender, eles voltam na sua posição de espera até que o próximo paciente esteja pronto na fila.

A segunda etapa é a otimização combinatória do modelo criado. A Figura 23 ilustra a lógica desta fase. Combinações entre médicos cirurgiões e médicos gerais serão feitas na simulação para os três cenários de demanda.

Figura 23 – Lógica da construção da otimização combinatória



Fonte: Autor (2024)

Foram considerados um número máximo de cinco médicos gerais e cinco cirurgiões. Com isso, as combinações entre ambas as especialidades somam 25 interações conforme a Tabela 4. Isto quer dizer que, por exemplo, haverá uma combinação de um cirurgião com um, dois, três, quatro ou cinco médicos gerais no mesmo sistema e trabalhando simultaneamente. Na Tabela 4 é possível verificar todas as combinações no modelo.

Tabela 4 - Combinações da otimização combinatória

Combinação	Cirurgião	Médico Geral
Combinação 1	1	1
Combinação 2	1	2
Combinação 3	1	3
Combinação 4	1	4
Combinação 5	1	5
Combinação 6	2	1
Combinação 7	2	2
Combinação 8	2	3
Combinação 9	2	4
Combinação 10	2	5
Combinação 11	3	1
Combinação 12	3	2
Combinação 13	3	3
Combinação 14	3	4
Combinação 15	3	5
Combinação 16	4	1
Combinação 17	4	2
Combinação 18	4	3
Combinação 19	4	4
Combinação 20	4	5
Combinação 21	5	1
Combinação 22	5	2
Combinação 23	5	3
Combinação 24	5	4
Combinação 25	5	5

Fonte: Autor (2024)

Ou seja, as etapas 1 e 2 servem como um estudo da combinação do número de médicos no sistema para cada cenário de demanda. Como resultado, tem-se as variáveis de decisão, ou critérios, mensurados em cada cenário, servindo de *output* para a etapa 3. Os indicadores estão relacionados ao tempo de espera, tempo total no sistema e nível de utilização de recursos, assim com a quantidade de pacientes atendidos ou não.

A terceira e última fase é a aplicação das técnicas de tomada de decisão multicritério para ranquear as opções de configuração do sistema. Com isso é possível determinar qual das combinações é a mais indicada para atender cada cenário de demanda.

4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO

Esta etapa abrange a aplicação do *framework* de tomada de decisão. Para isso, este capítulo percorre o desenvolvimento do modelo de simulação, da criação da sistemática e por fim, as discussões acerca de seus resultados.

4.1 SISTEMÁTICA DE TOMADA DE DECISÃO

Com dito anteriormente, os resultados da simulação a eventos discretos tornam-se as entradas nesta etapa. Para construir a análise multicritério, o *software* Visual Promethee foi utilizado, conforme Figura 24. Cada alternativa, denominada “*action*” representa as 25 combinações da tabela 4, exatamente na ordem de cada combinação. A Figura 24 ilustra como esta configuração deve ser feita no *software*, usando como exemplo os resultados da rodada de demandas urgentes.

Figura 24 - Modelagem da decisão multicritério com PROMETHEE

	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Scenario1	Tempo de es...	Osciosidade ...	Osciosidade ...	Permanência...	
Unit	normalized	normalized	normalized	normalized	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	
Preferences					
Min/Max	min	min	min	min	
Weight	0,25	0,25	0,25	0,25	
Preference Fn.	Usual	Usual	Usual	Usual	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	
- P: Preference	n/a	n/a	n/a	n/a	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	
Statistics					
Evaluations					
<input checked="" type="checkbox"/>	action1	2414,12	2,15	1,58	2565,35
<input checked="" type="checkbox"/>	action2	2103,04	4,15	1,60	2339,25
<input checked="" type="checkbox"/>	action3	1847,53	6,18	2,66	2169,11
<input checked="" type="checkbox"/>	action4	1676,47	8,44	2,65	2080,05
<input checked="" type="checkbox"/>	action5	1517,66	10,92	2,67	2003,97
<input checked="" type="checkbox"/>	action6	2103,77	2,17	3,24	2339,63
<input checked="" type="checkbox"/>	action7	1821,49	4,13	3,78	2141,13
<input checked="" type="checkbox"/>	action8	1567,51	6,23	4,32	1971,78
<input checked="" type="checkbox"/>	action9	1409,34	8,45	4,33	1896,38
<input checked="" type="checkbox"/>	action10	1256,00	10,92	4,34	1824,54
<input checked="" type="checkbox"/>	action11	1842,00	2,18	4,72	2162,67
<input checked="" type="checkbox"/>	action12	1562,78	4,17	5,21	1966,94
<input checked="" type="checkbox"/>	action13	1371,39	6,25	5,70	1859,42
<input checked="" type="checkbox"/>	action14	1244,82	8,46	5,71	1814,53
<input checked="" type="checkbox"/>	action15	1074,68	11,20	5,71	1727,08
<input checked="" type="checkbox"/>	action16	1665,51	2,17	6,21	2069,79
<input checked="" type="checkbox"/>	action17	1411,59	4,18	6,60	1899,58
<input checked="" type="checkbox"/>	action18	1243,97	6,26	7,08	1814,73
<input checked="" type="checkbox"/>	action19	1084,00	8,71	8,12	1737,41
<input checked="" type="checkbox"/>	action20	872,56	11,65	7,77	1607,32
<input checked="" type="checkbox"/>	action21	1492,50	2,16	8,62	1982,11
<input checked="" type="checkbox"/>	action22	1242,50	4,19	8,84	1813,62
<input checked="" type="checkbox"/>	action23	1043,33	6,23	10,81	1696,54
<input checked="" type="checkbox"/>	action24	850,24	8,87	11,63	1584,30
<input checked="" type="checkbox"/>	action25	670,58	13,12	12,44	1486,86

Fonte: Autor (2024)

Para as três diferentes situações de demanda, o Promethee II foi criado com alocação igualitária entre os pesos dos critérios analisados. Isto significa que no sistema de tomada de

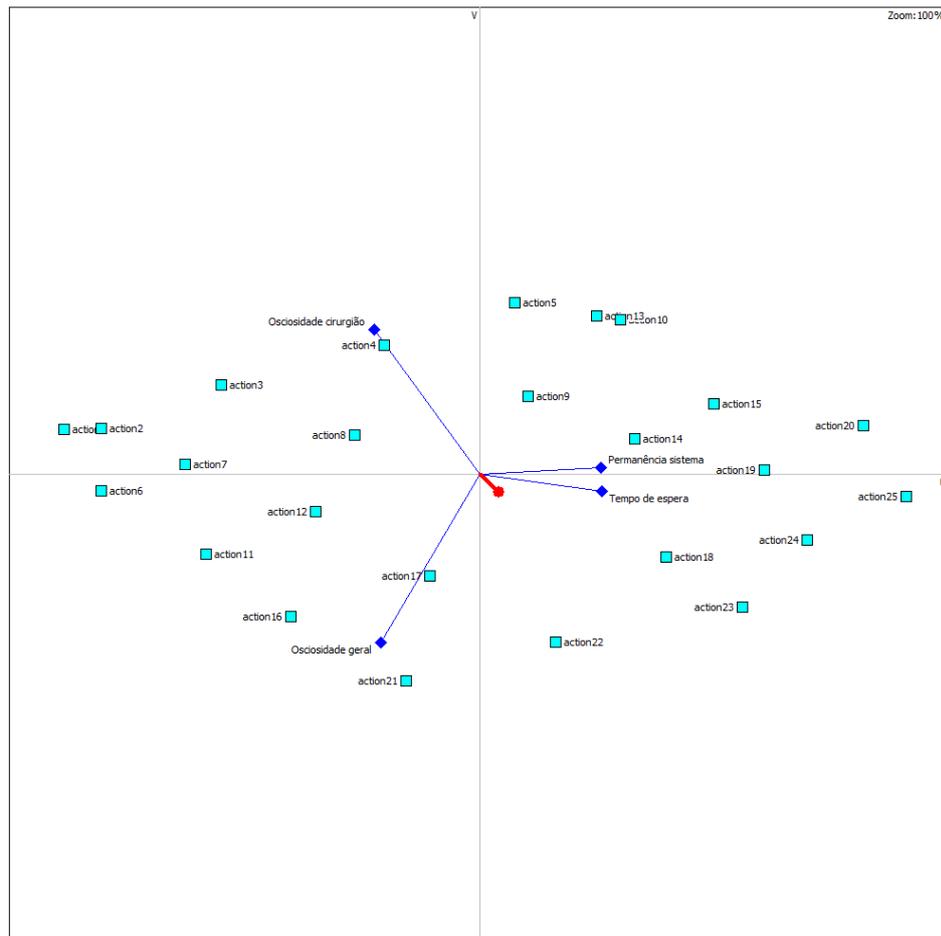
decisão, os quatro critérios têm o mesmo impacto. Para este cenário, a Tabela 5 apresenta o *ranking* de cada combinação de médicos em relação aos três perfis de urgência.

Tabela 5 - Otimização combinatória

Rank	Demandas Urgentes	Demandas Padrão	Demandas não urgentes
1	Combinação 23	Combinação 18	Combinação 19
2	Combinação 22	Combinação 23	Combinação 24
3	Combinação 15	Combinação 16	Combinação 9
4	Combinação 24	Combinação 14	Combinação 23
5	Combinação 20	Combinação 21	Combinação 18
6	Combinação 13	Combinação 24	Combinação 14
7	Combinação 14	Combinação 13	Combinação 15
8	Combinação 12	Combinação 9	Combinação 20
9	Combinação 9	Combinação 22	Combinação 25
10	Combinação 18	Combinação 25	Combinação 21
11	Combinação 19	Combinação 19	Combinação 4
12	Combinação 10	Combinação 17	Combinação 5
13	Combinação 1	Combinação 1	Combinação 11
14	Combinação 17	Combinação 15	Combinação 10
15	Combinação 25	Combinação 6	Combinação 6
16	Combinação 8	Combinação 20	Combinação 16
17	Combinação 7	Combinação 5	Combinação 22
18	Combinação 21	Combinação 10	Combinação 8
19	Combinação 2	Combinação 11	Combinação 2
20	Combinação 16	Combinação 4	Combinação 1
21	Combinação 4	Combinação 8	Combinação 3
22	Combinação 6	Combinação 3	Combinação 7
23	Combinação 11	Combinação 12	Combinação 17
24	Combinação 5	Combinação 2	Combinação 12
25	Combinação 3	Combinação 7	Combinação 13

Fonte: Autor (2024)

Figura 27 - Plano Gaia para demandas não urgentes



Fonte: Autor (2024)

De certo modo, é possível analisar de forma conjunta as três análises. Na generalidade, as alternativas 1 e 25 tem os valores de ponta, ou seja, a 1 com os melhores em ociosidade e piores em espera, e a 25 com os melhores em espera e piores em ociosidade. Porém, nenhuma delas aparece como a melhor opção ou no topo do *ranking*. Isso acontece porque o PROMETHEE considera alternativas com valores adequados em todos os critérios e a divisão de pesos está igualitária, de modo a fazer a ferramenta analisar o desempenho em todos eles.

Ao fim das análises dos três diferentes tipos de demandas, é notável que cada uma delas tem uma alternativa considerada como a melhor opção. Isto posto, uma análise mais geral de seus cinco primeiros resultados mostra algo em comum entre elas. A alternativa 23, de cinco cirurgiões e três médicos gerais aparece nos três perfis, sendo primeiro lugar para demandas urgentes, segundo para demandas padrão e quarto em demandas não urgentes. A Tabela 6 exhibe os resultados da simulação para a combinação 23.

Tabela 6 - Resultados da combinação 23 para todos os perfis

	Tempo de espera	Ociosidade Geral	Ociosidade Cirurgião	LOS
Demandas Urgentes	1.043,33	6,23	10,81	1.696,54
Demandas Padrão	4.284,81	4,24	13,75	4.936,72
Demandas não urgentes	3.490,52	4,15	20,45	4.166,32

Fonte: Autor (2024)

Ao analisar as médias de cada critério para os diferentes perfis de demandas estudados, percebe-se que estes são valores bem próximos dos apresentados pela alternativa 23. Em uma observação mais minuciosa considerando os desvios-padrão de cada critério para cada perfil, obtém-se que os resultados da combinação 23 se comportam de maneira a ter desvios menores. A Tabela 7 mostra as médias de cada critério em cada perfil.

Tabela 7 – Média para cada perfil

	Tempo de espera	Ociosidade_Geral	Ociosidade_Cirurgião	LOS
Demandas Urgentes	1.455,58	6,54	5,85	1.942,16
Demandas Padrão	4.867,48	4,20	9,17	5.366,14
Demandas não urgentes	4.037,76	20,42	11,95	4.541,13

Fonte: Autor (2024)

A vista disso, se uma alternativa tivesse que ser considerada como a mais adequada, ou seja, apta para se adaptar a qualquer um dos três tipos de perfis de demanda estudados, esta seria a de número 23. Assim sendo, esta alternativa propõe, de certa maneira, reduzir o tempo de espera e de ociosidade de recursos, ao passo que os pacientes sejam atendidos da melhor forma possível.

Pensando em um ambiente hospitalar, onde a equipe disponível é responsável pela vida dos pacientes, é plausível que, em circunstâncias como estas estudadas, cinco cirurgiões e três médicos gerais possam ser a combinação básica da equipe médica para que a necessidade de cada urgência possa ser atendida adequadamente.

Dentro deste cenário, é possível atribuir uma ótica do *Lean* para entender o funcionamento da resposta e sua validade. Com isso, é possível observar três pontos:

- a) O critério de LOS relaciona-se diretamente com um dos, se não o principal, princípio do *Lean*, que é a redução de desperdícios por meio da eliminação de atividades que não agregam valor
- b) Os critérios de decisão LOS e tempo de espera total relacionam-se diretamente com um dos desperdícios *Lean*, o de espera, pois quanto mais tempo o paciente aguarda em filas de espera, maior é o tempo no sistema e quanto mais o paciente fica no processo sem atendimento, maior é o nível de estoque em processo.
- c) Os critérios de ociosidade de recursos também concordam com o princípio de redução de desperdícios pela eliminação de atividades que não agregam valores, pois o tempo que os médicos estão parados não agrega nenhum valor ao atendimento.

Com isso, ao se analisar os resultados obtidos pela simulação, fica claro que a opção 23 fornecida pela ferramenta é a mais adequada, uma vez que é ela que obtém os valores considerados bons para todos os critérios. Ou seja, a ideia central é ter uma alternativa que, ao passo que o tempo de espera total e tempo de espera no sistema (LOS) é reduzido, os recursos ficam menos ociosos o possível.

Nesta sistemática, é possível desenhar e modelar o processo com maior detalhamento de informações, atribuindo as características de demanda, entrada de pacientes e atendimento, trazendo uma melhor definição das especificidades do processo. Com isso, as entradas para a sistemática de tomada de decisão são mais adequadas, proporcionando um bom funcionamento do sistema.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A tomada de decisão nunca foi um processo fácil de ser feito. Isso se torna ainda mais difícil quando se trata de projetos ou processos de melhoria, pois o objetivo é escolher corretamente a opção que trará melhores resultados. E isso se agrava ainda mais quando vidas estão envolvidas.

A simulação a eventos discretos é uma poderosa técnica utilizada para modelar sistemas complexos, onde a variabilidade e a incerteza são capturadas de modo que diferentes cenários podem ser testados sem comprometer recursos reais. Em contrapartida, os métodos multicritério tem a finalidade de ponderar e comparar diversas medidas de decisão que podem ser conflitantes ou não de forma simultânea com o intuito de proporcionar a solução ótima. O *Lean* é uma filosofia que busca excelência operacional ao passo que os desperdícios são minimizados.

A filosofia *Lean* trouxe ao âmbito hospitalar a oportunidade de maximizar a atenção e atendimento aos pacientes, de forma que os desperdícios são eliminados. Ou seja, recursos e custos desnecessários são minimizados ou mitigados, à medida que o lucro e o bem-estar dos pacientes aumentam. A simulação a eventos discretos adiciona maior credibilidade nas melhorias propostas pelo *Lean*, uma vez que é possível testar as diferentes possibilidades antes que sejam implementadas, assim como verificar seus possíveis resultados.

Esta combinação é bastante interessante, porém ainda não é a ideal. Apesar de ser possível verificar os diferentes cenários de antemão, este método não mostra qual seria o mais recomendado. Esta decisão deve levar os diferentes fatores que impactam o ambiente em estudo, com seus pesos devidamente ponderados. Isto é praticamente impossível de se fazer quando falamos na mente humana. E é nesse contexto reside a importância de adicionar métodos de tomada de decisão nesta sistemática.

O estudo de caso demonstra como as metodologias podem ser aplicadas de maneira complementar para alcançar resultados significativos na gestão hospitalar. O estudo de caso teve como objetivo otimizar os recursos, visando determinar o número ideal de pessoal médico para atender os diferentes perfis de demanda ao mesmo tempo que o tempo de espera em filas e permanência no sistema fosse reduzido. Isto é *Lean Helthcare*. Com a SED, o sistema foi modelado considerando as variáveis de chegadas de pacientes, triagem, fluxo interno e os tempos de espera e de cada procedimento. Por fim, com os critérios definidos, o PROMETHEE mostrou qual seria a combinação ideal que maximiza a capacidade de atendimento e minimiza os tempos de espera dentro das condições propostas.

Portanto, é possível observar o amadurecimento institucional que o PROMETHEE traz a esses projetos. É possível dizer que o uso da sistemática oferece benefícios significativos como:

- Decisões baseadas em dados: as decisões são fundamentadas em dados e em cenários realistas e previsões de impacto. Ainda que a definição de pesos e restrições não seja trivial, a aplicação de um método multicritério aliado ao *Lean Healthcare Simulation* traz mais robustez e objetividade a escolha da melhor alternativa, como uma forma de prova de resultados. Isto ajuda no aumento da confiança das partes envolvidas nos projetos e métodos de melhoria, diminuindo a resistência e melhorando o engajamento.
- Eficiência operacional: melhoria na utilização de recursos, otimização de recursos de modo a garantir que os pacientes recebam os cuidados adequados,
- Redução de riscos: redução de custos operacionais e impactos com implementações ao testar virtualmente as estratégias antes da implementação real, de forma a identificar potenciais problemas e criar estratégias de mitigação.
- Transparência e consistência: aumento da confiança das partes envolvidas nos projetos e métodos de melhoria, diminuindo a resistência e melhorando o engajamento com um método estruturado e transparente.

Em resumo, a integração da simulação a eventos discretos, método Promethee II e *Lean Healthcare* não só fortalece a capacidade dos hospitais de gerenciar recursos de forma eficiente e eficaz, mas também promove uma cultura de melhoria contínua centrada no paciente e na entrega de valor.

5.1 CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO

As limitações deste trabalho estão relacionadas ao modelo desenvolvido. Primeiro, os parâmetros estão relacionados ao estudo de caso. Isto quer dizer que as restrições do processo estão relacionadas ao modelo, e não necessariamente ao software. O modelo foi um caso fictício para o setor de emergência. Isto implica que, dados reais de processos não foram coletados, assim como opiniões de decisores ligados às decisões estratégicas dos hospitais. Além disso, por ser um recorte de um setor do hospital, o estudo não apresenta todas as situações que um

hospital pode apresentar. Sendo assim, ainda são limitadas as evidências quanto a possibilidade de generalização dos resultados.

Um último ponto é a coleta de dados detalhada por prioridade. Pensando em termos de valor final da solução, esta é uma avaliação importante a ser feita, pois com as métricas de acompanhamento dentro de contextos diferentes, a maior prioridade será considerada, porque cada peso depende da prioridade da fila. Com isso, a definição de médicos especialistas para cada perfil de urgência seria mais transparente.

6. CONCLUSÃO

O uso combinado do *Lean* e a SED em projetos de melhoria em serviços de saúde pode trazer significativas vantagens. Porém, grande parte dos projetos apresentam multiobjetivos e um conjunto de restrições. Para que o julgamento da melhor alternativa de melhoria a ser proposta seja o mais correto e menos subjetivo possível, considerar as saídas do modelo de simulação como as entradas para a otimização pode ser uma boa forma de alcançar a solução ótima de um problema.

A integração da simulação de eventos discretos, método Promethee II e *Lean Healthcare* não só possibilita a otimização da gestão de recursos em hospitais, mas também promove uma abordagem sistemática para melhorar continuamente a eficiência operacional e a qualidade dos cuidados prestados.

Este estudo traz uma alternativa para que as decisões no ramo da saúde sejam mais assertivas. De maneira conjunta, o *Lean* proporciona as ferramentas e meios necessários para identificar as mudanças. A Simulação a Eventos Discretos promove a análise de resultados e adversidades em um ambiente de teste e sem a necessidade da perda de tempo ou utilização de recursos desnecessários. O método multicritério complementa esta sistemática entregando a melhor solução possível baseada nas restrições do sistema.

Com as reflexões obtidas, é possível concluir que sistemática abordada viabiliza a implementação de melhorias significativas na eficiência operacional, qualidade do atendimento e gestão de recursos. Com isso, os gestores hospitalares podem tomar decisões mais informadas e eficazes, resultando não apenas em melhorias em seus resultados operacionais, mas também no fornecimento de um atendimento mais eficaz e adequado para seus pacientes.

Para estudos futuros, a sugestão é que mais áreas dos hospitais sejam abrangidas, como logística, manutenção, TI e sustentabilidade. Também, outros objetivos e critérios podem ser desenvolvidos além da alocação de recursos de pessoal, como gestão de equipamentos médicos e otimização de leitos. E por fim, utilizar dados reais de processos, assim como incluir os stakeholder nas decisões de critérios e pesos fará com que a sistemática de fato atinja seu potencial esperado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHERNE, J.; WHELTON, J. **Applying lean in healthcare: a collection of international case studies**. Nova York: [s.n.].
- AKMAL, A.; GREATBANKS, R.; FOOTE, J. Lean thinking in healthcare – Findings from a systematic literature network and bibliometric analysis. **Health Policy**, v. 124, n. 6, p. 615–627, 2020.
- AL-ZAIN, Y. et al. Implementing Lean Six Sigma in a Kuwaiti private hospital. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 32, n. 2, p. 431–446, 2019.
- ALKHER, M. et al. Case study of healthcare organization improvement with lean concept. **Tehnicki Vjesnik**, v. 26, n. 3, p. 845–851, 2019.
- ALLEN, D. S. 2020 Global Health Care Outlook. **Deloitte Insights**, p. 48, 2020.
- AMARAL, T. M. **MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A TEORIA DAS RESTRIÇÕES APLICADO EM SERVIÇOS HOSPITALARES DE URGÊNCIA E EMERGÊNCIA**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2013.
- AMIN, M. A.; KARIM, M. A. A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 4, p. 1146–1167, 2013.
- ARIA, M.; CUCCUROLLO, C. **Biblioshiny: bibliometrix for no coders**. Disponível em: <<https://bibliometrix.org/biblioshiny/assets/player/KeynoteDHTMLPlayer.html#2>>. Acesso em: 8 out. 2021.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- ATKINSON, P. Creating and Implementing Lean Strategies. **Management Services**, 2003.
- BANKS, J. **Principles of simulation**. [s.l: s.n.].
- BANKS, J. **Introduction to simulation**. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. **Anais...1999**
- BARIL, C. et al. Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 249, n. 1, p. 327–339, 2016.
- BEHZADIAN, M. et al. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 1, p. 198–215, 2010.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. **MULTIPLE CRITERIA DECISION An Integrated**

Approach. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BENNEYAN, J. C. An introduction to using computer simulation in healthcare: patient wait case study. **Journal of the Society for Health Systems**, v. 5, n. 3, p. 1–15, 1997.

BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. Lean manufacturing: Literature review and research issues. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876–940, 2014.

BHARSAKADE, R. S. et al. A lean approach to healthcare management using multi criteria decision making. **Opsearch**, n. 0123456789, 2021.

BHAT, S.; GIJO, E. V.; JNANESH, N. A. Application of Lean Six Sigma methodology in the registration process of a hospital. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 63, n. 5, p. 613–643, 2014.

BIRTA, L.; ARBEZ, G. **Modelling and simulation**. 3. ed. Cham: [s.n.].

BOGDANOVIC, D.; NIKOLIC, D.; IVANA, I. Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, v. 84, n. 1, p. 219–233, 2012.

BONILLA, C. et al. Radiation oncology Lean Six Sigma project selection based on patient and staff input into a modified quality function deployment. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 4, n. 3, p. 196–208, 2008.

BORGES, G. A. et al. Simulation-based analysis of lean practices implementation on the supply chain of a public hospital. **Production**, v. 30, 2020.

BRANS, J.-P.; MARESCHAL, B. The PROMCALC & GAIA decision support system for multicriteria decision aid. **Decision Support Systems**, v. 12, p. 297–310, 1994.

BRANS, J.-P.; SMET, Y. DE. PROMETHEE Methods. In: **Multiple Criteria Decision Analysis**. [s.l: s.n.]. v. 233p. 187–221.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects : The PROMETHEE method . *European Journal of Operational Research* 14 ... How to select and how to rank projects : The PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, v. 24, p. 228–238, 1986.

BUCZACKI, A.; GŁADYSZ, B.; TIMLER, D. Industrial engineering for healthcare management-example lean management and ict tools. **Studies in Logic, Grammar and Rhetoric**, v. 60, n. 1, p. 19–32, 2019.

CAMPOS, A. T. Contribuições Para a Melhoria Na Condução De Projetos De Lean Healthcare Simulation. p. 106, 2018.

CAMPOS, A. T.; QUEIROZ, J. A. DE; MARTINS, P. C. Lean Healthcare Simulation:

aliando Lean e Simulação para identificar oportunidades de melhoria em um pronto atendimento hospitalar. 2018.

CARSON, J. S. **Introduction to modeling and simulation**. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. **Anais...IEEE**, 2005

CASTANHEIRA-PINTO, A. et al. Modeling, assessment and design of an emergency department of a public hospital through discrete-event simulation. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 2, p. 1–25, 2021.

CHIOCCA, D. et al. A Methodology for Supporting Lean Healthcare. In: **Modern Advances in Intelligent Systems and Tools**. Berlin: Springer, 2012. p. 93–99.

ČIARNIENĖ, R.; VIENAŽINDIENĖ, M. Lean Manufacturing: Theory and Practice. **Economics and Management**, v. 17, n. 2, p. 726–732, 2012.

COLICCHIA, C.; STROZZI, F. Supply chain risk management: A new methodology for a systematic literature review. **Supply Chain Management**, v. 17, n. 4, p. 403–418, 2012.

COSTA, L. B. M. et al. Lean healthcare in developing countries : evidence from Brazilian hospitals. **INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH PLANNING AND MANAGEMENT**, v. 32, n. 1, p. 99–120, 2017.

COSTA, L. B. M.; GODINHO FILHO, M. Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. **Production Planning and Control**, v. 27, n. 10, p. 823–836, 2016.

COSTANTINO, F.; DI GRAVIO, G.; NONINO, F. ScienceDirect Project selection in project portfolio management : An artificial neural network model based on critical success factors. **International Journal of Project Management**, p. 1–11, 2015.

CREMA, M.; VERBANO, C. Simulation modelling and lean management in healthcare: first evidences and research agenda. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 0, n. 0, p. 1–19, 2019.

CRIDDLE, J.; HOLT, J. E. Use of Simulation Software in Optimizing PACU Operations and Promoting Evidence-Based Practice Guidelines. **Journal of Perianesthesia Nursing**, v. 33, n. 4, p. 420–425, 2018.

D'ANDREAMATTEO, A. et al. Lean in healthcare: A comprehensive review. **Health Policy**, v. 119, n. 9, p. 1197–1209, 2015.

DAĞDEVIREN, M. **Decision making in equipment selection: An integrated approach with AHP and PROMETHEE** **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2008.

DE SOUZA, L. B. Trends and approaches in lean healthcare. **Leadership in Health Services**, v. 22, n. 2, p. 121–139, 2009.

DE SOUZA, L. B.; PIDD, M. Exploring the barriers to lean health care implementation.

Public Money and Management, v. 31, n. 1, p. 59–66, 2011.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: [s.n.].

DIAS, L. M. S.; VIEIRA, A. A. C.; OLIVEIRA, G. A. B. P. J. A. Discrete Simulation Software Ranking – a Top List of the Worldwide Most Popular and Used Tools. **Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2016.

DOĞAN, N. Ö.; UNUTULMAZ, O. Lean production in healthcare: a simulation-based value stream mapping in the physical therapy and rehabilitation department of a public hospital. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 27, n. 1–2, p. 64–80, 2016.

FARIA, P. A. Lean Healthcare: Um Estudo Sobre a Aplicação Do Pensamento Enxuto Em Serviços De Saúde. 2013.

FILLINGHAM, D. Can lean save lives? **Leadership in Health Services**, v. 20, n. 4, p. 231–241, 2007.

FILSER, L. D.; DA SILVA, F. F.; DE OLIVEIRA, O. J. State of research and future research tendencies in lean healthcare: a bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 112, n. 2, p. 799–816, 2017.

FLANARY, J. T. et al. Use of Lean Six Sigma to Improve Access to Care in a Surgical Subspecialty Clinic. **Military Medicine**, v. 185, n. 5–6, p. E887–E893, 2020.

GABRIEL, G. T. et al. Lean thinking by integrating with discrete event simulation and design of experiments: An emergency department expansion. **PeerJ Computer Science**, v. 6, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. [s.l: s.n.]. v. 38

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa**. [s.l: s.n.]. v. 10

GOMES, A. M.; VIEIRA, P. S.; REIS, A. DA C. Simulation of operational processes in hospital emergency units as lean healthcare tool. **Independent Journal of Management & Production**, v. 8, n. 5, p. 812–827, 2017.

GRABAN, M. **Hospitais Lean: melhorando a qualidade, a segurança dos pacientes e o envolvimento dos funcionários**. 2. ed. Porto Alegre: [s.n.].

GÜNAL, M. M.; PIDD, M. Discrete event simulation for performance modelling in health care: A review of the literature. **Journal of Simulation**, v. 4, n. 1, p. 42–51, 2010.

GUPTA, S. K. et al. Systematic literature review of project failures: Current trends and scope for future research. **Computers and Industrial Engineering**, v. 127, p. 274–285, 2019.

HADDAD, M. G. et al. Case Study of Lean in Hospital Admissions to Inspire Culture Change. **Engineering Management Journal**, v. 28, n. 4, p. 209–223, 2016.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean: a guide to implementation**. Cardiff: [s.n.].

- HU, G. et al. A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 23, p. 6611–6625, 2008.
- HUANG, Y.; KLASSEN, K. J. Using six sigma, lean, and simulation to improve the phlebotomy process. **Quality Management Journal**, v. 23, n. 2, p. 6–21, 2016.
- HUSSAIN, M.; MALIK, M. Prioritizing lean management practices in public and private hospitals. **Journal of Health, Organisation and Management**, v. 30, n. 3, p. 457–474, 2016.
- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde 2019: informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde**. [s.l: s.n.].
- ISAAC-RENTON, J. L. et al. Use of lean response to improve pandemic influenza surge in public health laboratories. **Emerging Infectious Diseases**, v. 18, n. 1, p. 57–62, 2012.
- ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-Criteria Decision Analysis**. Chichester: [s.n.].
- JACOBSON, S. H.; HALL, S. N.; SWISHER, J. R. Discrete-event simulation of health care systems. **International Series in Operations Research and Management Science**, v. 91, p. 212–252, 2006.
- JAHANGIRIAN, M. et al. Causal study of low stakeholder engagement in healthcare simulation projects. **Journal of the Operational Research Society**, v. 66, n. 3, p. 369–379, 2015.
- JASTIA, N. V. K.; KODALI, R. Lean production: Literature review and trends. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 3, p. 867–885, 2015.
- JOINT COMISSION RESOURCES, J. **O pensamento lean na saúde: menos desperdícios e filas e mais qualidade e segurança para o paciente**. Porto Alegre: [s.n.].
- JOSÉ, Í.; ROCHA, A.; VASCONCELOS, C. R. DE. Lean healthcare implications in an occupational medicine clinic. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2020.
- JUN, J. B.; JACOBSON, S. H.; SWISHER, J. R. Application of discrete-event simulation in health care clinics: A survey. **Journal of the Operational Research Society**, v. 50, n. 2, p. 109–123, 1999.
- KARNON, J. et al. Modeling using discrete event simulation: A report of the ISPOR-SMDM modeling good research practices task force-4. **Medical Decision Making**, v. 32, n. 5, p. 701–711, 2012.
- KIM, C. S.; SPAHLINGER, D. A.; BILLI, J. E. Creating value in health care: The case for Lean Thinking. **Journal of Clinical Outcomes Management**, v. 16, n. 12, p. 557–562, 2009.
- KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. **Keele University Technical Report TR/SE-0401**, p. 1–27, 2004.

- KOLBERG, D.; ZUEHLKE, D. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. **IFAC PAPERSONLINE**, v. 48, n. 3, p. 1870–1875, 2015.
- KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B. R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. **Business Process Management Journal**, v. 15, n. 5, p. 669–686, 2009.
- LA FORGIA, G. M.; COUTTOLENC, B. F. **Desempenho Hospitalar no Brasil: em busca da excelência**. [s.l.: s.n.].
- LAW, A. M. **Simulation modeling and analysis**. 5. ed. Nova York: [s.n.].
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, L. **What is Lean?** Disponível em: <<https://www.lean.org/WhatsLean/>>. Acesso em: 6 out. 2021.
- LEAN INSTITUTE BRASIL, L. **Definição e Aplicações**. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>>.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: [s.n.].
- LIMA, R. M. et al. Implementation of lean in health care environments: an update of systematic reviews. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2020.
- MACHARIS, C. et al. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis - Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 153, n. 2, p. 307–317, 2004.
- MARESCHAL, B.; SMET, Y. DE. Multicriteria decision aided system for ranking industrial zones. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, n. 2, p. 1646–1649, 2009.
- MAZZOCATO, P. et al. Lean thinking in healthcare: A realist review of the literature. **Quality and Safety in Health Care**, v. 19, n. 5, p. 376–382, 2010.
- MÉLLO, R. D. O. **Planejamento Lean 3P com modelagem multicritério para auxílio na tomada de decisão**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2019.
- MOAYED, F. A.; SHELL, R. L. Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 3, p. 285–296, 2009.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Journal of clinical epidemiology**, v. 62, n. 10, p. 1006–1012, 2009.
- MORGAN, C. B.; BANKS, J.; CARSON, J. S. Discrete-Event System Simulation. **Technometrics**, v. 26, n. 2, p. 195, 1984.
- OHNO, T. **The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. Portland:

[s.n.].

ORTIZ-BARRIOS, M.; ALFARO-SAIZ, J. J. An integrated approach for designing in-time and economically sustainable emergency care networks: A case study in the public sector.

PLoS ONE, v. 15, n. 6 June, p. 1–28, 2020.

ORTÍZ, M. A.; FELIZZOLA, H. A.; ISAZA, S. N. A contrast between DEMATEL-ANP and ANP methods for six sigma project selection: A case study in healthcare industry. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 15, n. 3, p. 1–12, 2015.

PAVNASKAR, S. J.; GERSHENSON, J. K.; JAMBEKAR, A. B. Classification scheme for lean manufacturing tools. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 13, p. 3075–3090, 2003.

PIMENTA, A. P. DE M.; OLIVEIRA, E. A. A. DE. **Quebrando paradigmas: o desafio do lean nos hospitais Leforte**. Barueri: [s.n.].

PINTO, C. F. **Em busca do cuidado perfeito: aplicando lean na saúde**. São Paulo: [s.n.].

POKSINSKA, B. The current state of lean implementation in health care: Literature review. **Quality Management in Health Care**, v. 19, n. 4, p. 319–329, 2010.

POLAT, G. et al. Urban Renewal Project Selection Using the Integration of AHP and PROMETHEE Approaches. **Procedia Engineering**, v. 164, p. 339–346, 2016.

RADNOR, Z. J.; HOLWEG, M.; WARING, J. Lean in healthcare: The unfilled promise? **Social Science and Medicine**, v. 74, n. 3, p. 364–371, 2012.

RAGHAVAN, V. A. et al. Reengineering the Cardiac Catheterization Lab processes: A lean approach. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 1, n. 1, p. 45–65, 2010.

ROBINSON, S. et al. SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 1, p. 188–197, 2012.

ROBINSON, S. et al. Facilitated modelling with discrete-event simulation: Reality or myth? **European Journal of Operational Research**, v. 234, n. 1, p. 231–240, 2014.

ROBINSON, S.; PIDD, M. Provider and customer expectations of successful simulation projects. **Journal of the Operational Research Society**, v. 49, n. 3, p. 200–209, 1998.

SARMENTO, M. C.; SANCHES, C. B.; SANTOS, L. C. Mapeamento do fluxo de valor em operações hospitalares: análise e simulação em um hospital oncológico Value stream mapping in healthcare: analysis and simulation in a cancer hospital. **Journal of Lean Systems**, v. 3, p. 64–89, 2018.

SCHNEIDER, E. M.; FUJII, R. A. X.; CORAZZA, M. J. PESQUISAS QUALI-QUANTITATIVAS: CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS. **Revista de Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 569–584, 2017.

- SETIJONO, D.; NARAGHI, A. M.; RAVIPATI, U. P. Decision support system and the adoption of lean in a Swedish emergency ward: Balancing supply and demand towards improved value stream. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 1, n. 3, p. 234–248, 2010.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. [s.l: s.n.]. v. 1
- SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785–805, 2007.
- SHANMUGARAJA, M.; NATARAJ, M.; GUNASEKARAN, N. Literature snapshot on Six Sigma project selection for future research. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 11, n. 3, p. 335–357, 2012.
- SHARMA, P. Discrete-event simulation. **International journal of scientific & technology research**, v. 4, n. 4, p. 136–140, 2015.
- SHARMA, V. et al. Simulation application for resource allocation in facility management processes in hospitals. **Facilities**, v. 25, n. 13–14, p. 493–506, 2007.
- SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. **Portal**, v. 29, n. 1, p. 121, 2005.
- SIMPSON, D. F.; POWER, D. J. Use the supply relationship to develop lean and green suppliers. **Supply Chain Management**, v. 10, n. 1, p. 60–68, 2005.
- SNYDER, H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 104, n. March, p. 333–339, 2019.
- SOLIMAN, M.; SAURIN, T. A. UMA ANÁLISE DAS BARREIRAS E DIFICULDADES EM LEAN HEALTHCARE. **Produção online**, v. 17, n. 2, p. 620–640, 2017.
- SU, C. T.; CHOU, C. J. A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. **Expert Systems with Applications**, v. 34, n. 4, p. 2693–2703, 2008.
- SWICK, M. et al. Application of simulation technology to enhance the role of the professional nurse. **Journal of Nursing Administration**, v. 42, n. 2, p. 95–102, 2012.
- TAJ, S.; BERRO, L. Application of constrained management and lean manufacturing in developing best practices for productivity improvement in an auto assembly plant. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 55, n. 3/4, p. 332–345, 2006.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207–222, 2003.

- TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção. **Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI**, p. 191, 2012.
- URIARTE, A. G.; NG, A. H. C.; MORIS, M. U. Bringing together Lean and simulation : a comprehensive review. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 1, p. 87–17, 2020.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.
- VIRTUE, A.; CHAUSSALET, T.; KELLY, J. Healthcare planning and its potential role increasing operational efficiency in the health sector A viewpoint. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 26, p. 8–20, 2013.
- WANG, T. K. et al. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. **Industrial Management and Data Systems**, v. 115, n. 4, p. 678–699, 2015.
- WARING, J. J.; BISHOP, S. Lean healthcare: Rhetoric, ritual and resistance. **Social Science and Medicine**, v. 71, n. 7, p. 1332–1340, 2010.
- WEBSTER, J.; WATSON, R. T. Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. **MIS Quarterly**, v. 26, n. 2, p. xiii–xxiii, 2002.
- WESTWOOD, N.; MOORE, M. J.; COOKE, M. Going lean in the NHS: How lean thinking will enable the NHS to get more out of the same resources. **NHS Institute of Innovation and Improvement**, p. 24, 2007.
- WILLIAMS, C. Research methods. **Journal of Business & Economic Research**, v. 5, n. 3, p. 65–72, 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 11, p. 1148, 1997.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production**. New York: [s.n.].
- WOMACK, J. P.; JURBURG, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 6ª ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- YANG, T. et al. The Optimization of Total Laboratory Automation by Simulation of a Pull-Strategy. **Journal of Medical Systems**, v. 39, n. 1, 2015.
- YANG, T.; WANG, T. K. The Use of Lean Pull Strategy and Simulation in Solving Total Laboratory Automation Problem. In: **Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems**. Heidelberg: Springer, Heilderberg, 2013. p. 1591–1599.
- ZHANG, X. Application of discrete event simulation in health care: A systematic review. **BMC Health Services Research**, v. 18, n. 1, p. 1–11, 2018.

Anexos

Quadro 9 - Visão geral dos artigos analisados

Autor	Área	Objetivo	Finalidade	Conceitos Lean claros?
Castanheira-Pinto <i>et al.</i> (2021)	Emergência	Melhorar o desempenho em termos de tempo de espera e utilização de recursos otimizando a estrutura e funcionamento	Eficiência e flexibilidade	Explicitou parcialmente
Gabriel <i>et al.</i> (2020)	Emergência	Planejar uma expansão do departamento, reduzindo o tempo de permanência e determinando o número ideal de leitos	Eficiência e coordenação da equipe	Não deixou explícito
Ortiz-Barrios; Alfaro-Saiz (2020)	Emergência	Elaborar redes de cuidados de emergência economicamente sustentáveis e em tempo hábil	Eficiência, comunicação, coordenação da equipe e flexibilidade	Explicitou parcialmente
Flanary <i>et al.</i> (2020)	Urologia	Otimizar o acesso aos cuidados reduzindo sua variação por meio da melhoria da programação	Eficiência, coordenação da equipe e flexibilidade	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Alkher <i>et al.</i> (2019)	Laboratório	Melhorar o processo laboratorial otimizando o fluxo e	Eficiência e flexibilidade	Explicitou parcialmente

		eliminando as atividades que não agregam valor		
Gomes; Vieira; Reis, (2017)	Emergência	Analisar a dinâmica operacional do processo de uma unidade de emergência fictícia	Eficiência	Não deixou explícito
Robinson <i>et al.</i> (2012)	Pediatria	Demonstrar os benefícios da fusão do Lean com SED	Eficiência, motivação da equipe e sustentabilidade	Explicitou parcialmente
Raghavan <i>et al.</i> (2010)	Laboratório de cateter cardíaco	Melhorar o tempo de recuperação do paciente para reduzir atrasos no sistema	Eficiência, comunicação e coordenação da equipe	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Buczacki; Gładysz; Timler (2019)	Emergência	Otimizar e padronizar os processos com ferramentas Lean, DES e TIC	Eficiência, comunicação e coordenação da equipe	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Robinson <i>et al.</i> (2014)	Oftalmologia	Facilitar a compreensão e geração de ideias em um workshop de melhorias de processos	Eficiência e motivação da equipe	Explicitou parcialmente
Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012)	Laboratório	Melhorar a capacidade de resposta laboratorial em uma pandemia	Eficiência e sustentabilidade	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Sharma <i>et al.</i> (2007)	Geral	Otimizar os processos hospitalares e o tamanho da equipe	Eficiência	Explicitou parcialmente

		para reduzir custos		
Bhat; Gijo; Jnanesh (2014)	Departamento de informação	Reduzir o tempo de ciclo do processo de registro	Eficiência e comunicação	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Baril <i>et al.</i> (2016)	Oncologia	Melhorar a trajetória dos pacientes em uma clínica	Eficiência e motivação da equipe	Explicitou parcialmente
Huang; Klassen, (2016)	Emergência	Reduzir o tempo de fluxo e espera no processo de flebotomia	Eficiência e motivação e coordenação da equipe.	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Doğan; Unutulmaz (2016)	Fisioterapia	Otimizar o fluxo de pacientes no departamento de fisioterapia e reabilitação	Eficiência e sustentabilidade	Citou parcialmente
Wang <i>et al.</i> (2015)	Emergência	Melhorar o nível de serviço através da otimização da alocação da equipe e layout	Eficiência, coordenação da equipe e flexibilidade	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Criddle; Holt (2018)	Sala de operações	Reduzir os atrasos onerosos nas operações perioperatórias	Eficiência e coordenação da equipe	Citou parcialmente
Chiocca <i>et al.</i> (2012)	Centro de vacinação	Otimizar os processos de entrega de vacinas em um distrito	Eficiência	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Haddad <i>et al.</i> (2016)	Geral	Melhorar o fluxo de pacientes e reduzir as esperas num hospital	Eficiência e coordenação da equipe	Explicitou todas as ferramentas e

		multiespecializado		princípios
José; Rocha; Vasconcelos (2020)	Saúde ocupacional	Reduzir o tempo total de espera durante a estadia do paciente numa clínica de medicina do trabalho	Eficiência e coordenação da equipe	Não deixou explícito
Setijono; Naraghi; Ravipati (2010)	Emergência	Encontrar o melhor número de staff para reduzir o tempo total gasto no sistema	Eficiência e coordenação da equipe	Não deixou explícito
Yang; Wang (2013)	Laboratório	Melhorar o tempo de ciclo reduzindo o congestionamento do sistema	Eficiência	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Yang <i>et al.</i> (2015)	Laboratório	Aumentar o nível de serviço e reduzir as esperas otimizando as programações	Eficiência e flexibilidade	Explicitou todas as ferramentas e princípios
Al-Zain <i>et al.</i> (2019)	Obstetrícia e Ginecologia	Reduzir o tempo de espera dos pacientes	Eficiência, coordenação da equipe e comunicação	Citou parcialmente
Swick <i>et al.</i> (2012)	Enfermaria	Otimizar o serviço desempenhado pela equipe de enfermaria	Eficiência e coordenação e motivação da equipe	Citou parcialmente

Fonte: Autor (2023)