

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

**CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA NA CONDUÇÃO DE
PROJETOS DE *LEAN HEALTHCARE SIMULATION***

Afonso Teberga Campos

Itajubá, Fevereiro de 2018

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

Afonso Teberga Campos

**CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA NA CONDUÇÃO DE
PROJETOS DE *LEAN HEALTHCARE SIMULATION***

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

Área: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi

Coorientador: Prof. Dr. José Antonio de Queiroz

**Fevereiro de 2018
Itajubá**

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

Afonso Teberga Campos

**CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA NA CONDUÇÃO DE
PROJETOS DE *LEAN HEALTHCARE SIMULATION***

Dissertação aprovada por banca examinadora em 08 de fevereiro e 2018, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia de Produção*.

Banca examinadora:

Prof. Dr. David Custódio de Sena (UFERSA)

Prof. Dr. Rafael de Carvalho Miranda (UNIFEI)

Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi
(orientador)

Prof. Dr. José Antonio de Queiroz (coorientador)

Itajubá
2018

DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais, Beatris e
Júlio, aos meus avós e aos meus
amigos.

AGRADECIMENTOS

Gratidão. Esse é o sentimento que experimento, nesse momento. Gratidão, antes de mais nada, a Deus, por todas as bênçãos e oportunidades que me concedeu, por ter permitido que tudo isso acontecesse, tanto os bons momentos quanto os difíceis. Gratidão a todos que contribuíram para que eu chegasse até aqui, familiares, professores e amigos. Gratidão à vida.

Agradeço de modo muito especial aos meus pais, pelo amor, generosidade e apoio incondicionais, pelos valores, pela formação e pelo nunca medido esforço.

Aos meus amadíssimos irmãos Luísa, Marcela e José Marcelo e ao também amadíssimo amigo Luiz Guilherme.

Ao meu orientador, professor José Arnaldo, pelo voto de confiança, amizade e apoio, pela oportunidade de ingressar no mestrado.

Ao meu coorientador, professor Queiroz, responsável por criar em mim o desejo de seguir pela vida acadêmica, pelo convite a ingressar no mestrado. Obrigado pela amizade e pela disponibilidade.

Aos meus amigos do Núcleo de Estudos Avançados para Auxílio à Decisão (NEAAD) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Aos servidores da Universidade Federal de Itajubá, em especial àqueles do Instituto de Engenharia de Produção e Gestão.

À FlexSim e à sua equipe, em especial ao Michael e à Paula, pela cessão do *software* necessário para o presente trabalho, pelo treinamento e, acima de tudo, pela parceria.

E, por fim, à CAPES, à FAPEMIG e ao meu país, pelo apoio financeiro concedido, o qual permitiu a realização do presente trabalho.

A todos, o meu grande e sincero muito obrigado.

EPÍGRAFE

“Feliz de quem entende que é preciso mudar muito para ser sempre o mesmo”.

Dom Hélder Câmara

RESUMO

Muitos países têm enfrentado o desafio de melhorar os serviços de saúde oferecidos aos cidadãos em um cenário de austeridade. Para enfrentar esse desafio, a Engenharia de Produção pode oferecer respostas, como o *Lean*, a Simulação a Eventos Discretos e sua integração: o *Lean Healthcare Simulation* (LHS). Entretanto, apesar dos divulgados benefícios da integração LHS, ainda existem poucos estudos que orientem a condução de seus projetos. Por essa razão, o presente estudo tem como objetivo reunir, por meio de uma revisão da literatura, as principais recomendações para a condução de projetos de LHS, que visem evitar a ocorrência de falhas em sua condução. Assim, objetiva-se desenvolver um *checklist* com as principais recomendações, de modo que futuros projetos sejam orientados e possam apresentar maiores chances de sucesso. O *checklist* foi adotado em um projeto de LHS desenvolvido em um pronto atendimento. Com isso, o projeto logrou êxito em demonstrar resultados positivos, que foram aceitos pela equipe. Por outro lado, dois projetos desenvolvidos sem a utilização do *checklist* apresentaram graves falhas, como atrasos e resultados não confiáveis. Tais fatos demonstraram que a utilização do *checklist* pode apoiar significativamente futuros projetos em sua condução, evitando a ocorrência de falhas e aumentando suas chances de sucesso. Além disso, uma Revisão Sistemática da Literatura sobre projetos de LHS demonstrou que em todos os projetos publicados houve o não atendimento a, ao menos, uma das recomendações, o que colocou em dúvida, na maioria dos projetos, seus declarados sucessos. Esse fato demonstra, complementarmente, o potencial de contribuição do *checklist* a futuros projetos de LHS. Assim, o presente trabalho contribui ao trazer à tona a discussão quanto à qualidade dos projetos de LHS, indicando falhas que precisam ser evitadas e definindo recomendações que podem auxiliar futuros projetos a se tornarem bem-sucedidos.

Palavras-chave: Simulação a Eventos Discretos, Manufatura Enxuta, Serviços de Saúde

ABSTRACT

Many countries have faced the challenge of improving health services offered to citizens in an austerity scenario. To meet this challenge, Industrial Engineering can provide answers, such as Lean, Discrete Event Simulation and their integration: Lean Healthcare Simulation (LHS). However, despite the widespread benefits of LHS integration, there are still few studies guiding the conduction of these projects. For this reason, the present study aims to gather, through a literature review, the main recommendations for the conduction of LHS projects, in order to avoid the occurrence of failures in their conduction. Thus, it aims to develop a checklist with the main recommendations, so that future projects are oriented and can present greater chances of success. The checklist was adopted in an LHS project developed for an emergency department. With this, the project was successful in demonstrating positive results, which were accepted by the team. On the other hand, two projects developed without the use of the checklist presented serious failures, with delays and unreliable results. Such facts have shown that using the checklist can significantly support future projects, avoiding the occurrence of failures and increasing the chances of success. In addition, a Systematic Review of the Literature on LHS projects has shown that in all published projects there has been failures to meet at least one of the recommendations, which has cast doubt on the success stated by them. This fact demonstrates, in addition, the potential contribution of the checklist to future LHS projects. Thus, the present work contributes to the discussion of the quality of the LHS projects, indicating failures that need to be avoided and defining recommendations that can help future projects to become successful.

Keywords: Discrete Event Simulation, Lean, Healthcare services

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Contextualização	11
1.2. Justificativa	13
1.3. Objetivo.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Simulação a Eventos Discretos	15
2.1.1. Método de Simulação a Eventos Discretos	17
2.1.2. Estágios de sucesso em projetos de simulação.....	19
2.1.3. Simulação a Eventos Discretos aplicada aos serviços de saúde.....	20
2.2. <i>Lean</i>	22
2.2.1. <i>Lean</i> aplicado aos serviços de saúde	23
2.3. <i>Lean Healthcare Simulation</i>	25
3. MÉTODO	27
4. APLICAÇÃO	30
4.1. Diagnosticar	30
4.1.1. Potenciais causas de falhas em projetos de <i>Lean Healthcare Simulation</i>	31
4.1.2. Exemplos de falhas em projetos de <i>Lean Healthcare Simulation</i>	37
4.1.3. Conclusões do diagnóstico	44
4.2. Planejar ações.....	45
4.3. Realizar ações.....	63
4.4. Avaliar ações.....	63
4.4.1. Recondução do projeto B	65
4.4.2. Revisão Sistemática da Literatura	80
5. CONCLUSÕES	93
5.1. Síntese dos resultados.....	93
5.2. Limitações da pesquisa.....	95
5.3. Sugestões para trabalhos futuros	96
5.4. Considerações finais.....	97
APÊNDICE A – Resultados consolidados da Revisão Sistemática da Literatura	98
APÊNDICE B – Distribuição empírica para os tempos entre chegadas	100
APÊNDICE C – Distribuição empírica para a duração das interrupções	101
APÊNDICE D – Arranjo experimental da recondução do projeto B e seus resultados	102
APÊNDICE E – Publicações realizadas	105
REFERÊNCIAS	106

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A Constituição Federal de 1988 determina, em seu artigo 196, que a saúde é direito de todos e dever do Estado. Como direito, deve ser garantida mediante políticas para acesso universal e igualitário a ações e serviços, sejam estes para sua promoção, proteção ou recuperação (BRASIL, 1998). No meio jurídico, o artigo 196 é visto frequentemente como uma aspiração, um programa que se deseja seguir, e não propriamente como uma obrigação (SILVA, 2012). Mesmo assim, o Supremo Tribunal Federal tem se posicionado firmemente no sentido de que o Estado não pode se isentar do dever de garantir os meios necessários para que os cidadãos usufruam do direito à saúde (BRASIL, 2016).

De modo semelhante, o direito à saúde encontra-se instituído em diversos países. Em 2011, 52% das 191 constituições, então vigentes, garantiam ou aspiravam ao direito a cuidados médicos, direcionados à cura, restauração ou reabilitação da saúde dos cidadãos. Entretanto, a previsão desse direito e de outros relacionados, como os direitos ao bem-estar e à prevenção de doenças, constitui um fenômeno relativamente recente. Enquanto somente 33% das constituições adotadas antes de 1970 apresentavam algum direito à saúde, mais de 90% das constituições instituídas entre 1990 e 2011 o faziam (HEYMANN *et al.*, 2013).

Se, por um lado, essa evolução pode ser vista como um avanço para a sociedade, por outro, levanta questionamentos quanto aos custos necessários à garantia e exercício desses direitos. Segundo Holmes e Sustain (2000), todos os direitos custam e não podem ser protegidos ou exercidos sem que haja suporte e recursos públicos, mesmo nas situações em que os cidadãos optam por serviços privados. Nesse sentido, nos casos em que os cidadãos arcam com serviços médicos particulares, o direito à saúde poderia, mesmo assim, não ter significado, se o Estado não atuasse para garantir a qualidade dos serviços, estipulando regras, solucionando conflitos e fiscalizando importantes agentes do setor, como cursos de medicina, médicos, planos de saúde e hospitais.

Dessa forma, se são necessários recursos para garantia e exercício de direitos, seria razoável esperar que maiores gastos da sociedade em saúde estivessem parcial ou totalmente relacionados a melhores meios para que os cidadãos usufruíssem desse direito. De fato, Gallet e Doucouliagos (2017), ao realizarem uma meta-regressão a partir de 65 estudos publicados de 1969 a 2014, identificaram que o gasto em saúde está

proporcionalmente associado à expectativa de vida e inversamente associado aos níveis de mortalidade. Além disso, as associações são consideravelmente maiores quando os gastos analisados são de natureza pública. Entretanto, essa constatação deve ser ponderada no cenário global de austeridade, de limitação de recursos, no qual não se faz possível atender a todas as demandas da sociedade. Desse modo, economizar recursos que seriam utilizados para garantia e exercício de um dado direito, sem que este seja limitado ou eliminado, torna-se uma grande oportunidade em qualquer perspectiva.

Concomitantemente, em diversos países, há uma considerável insatisfação dos cidadãos quanto aos serviços de saúde. No Brasil, 85,1% da população não está satisfeita com os serviços prestados por hospitais públicos, um dos piores resultados na América Latina (LATINOBARÓMETRO, 2015), como demonstra a Figura 1.1.

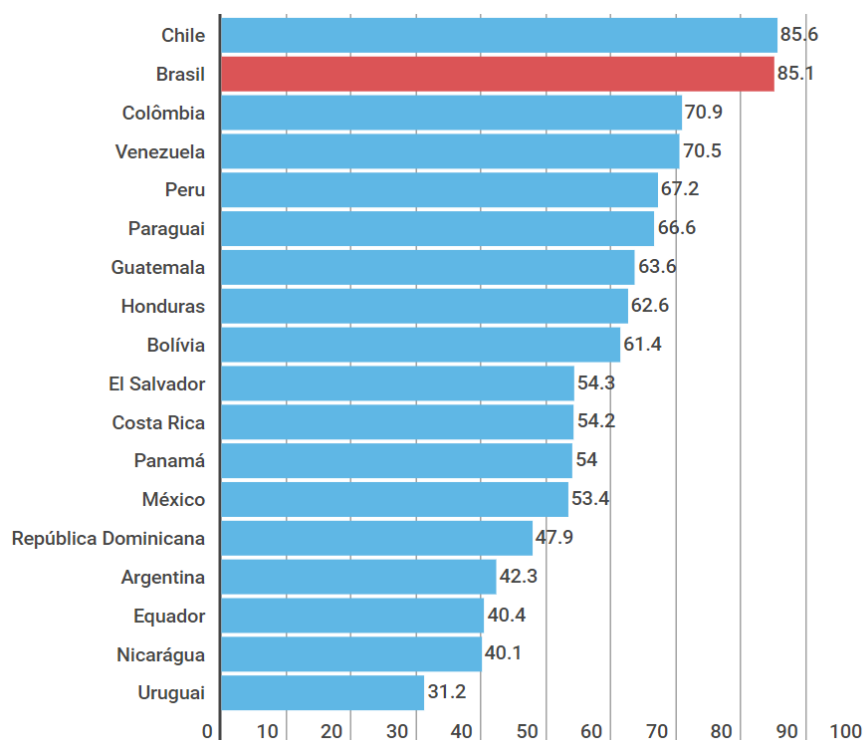


Figura 1.1 – Índice de insatisfação com hospitais públicos latino-americanos

Fonte: adaptado de Latinobarómetro (2015)

A Engenharia de Produção é capaz de oferecer respostas a esse desafio, sendo que, em particular, este estudo discutirá a integração de duas de suas abordagens: o *Lean* e a Simulação a Eventos Discretos (SED). Essas abordagens se enquadram, respectivamente, nas áreas de Engenharia de Operações e Processos da Produção e de Pesquisa Operacional (ABEPRO, 2008). A integração dessas abordagens nos ambientes de serviços de saúde é chamada de *Lean Healthcare Simulation* (LHS)

1.2. Justificativa

O *Lean* e a SED proporcionam benefícios à área de serviços de saúde. Por essa razão, isoladamente, ambas têm recebido atenção crescente nessa área (ROBINSON *et al.*, 2012). Filser, da Silva e de Oliveira (2017) identificaram mais de 300 artigos sobre *Lean* na área de saúde, sendo que cerca de 99% destes foram publicados a partir de 2002. Já Brailsford *et al.* (2009) estimam a existência de cerca de 44 mil artigos sobre simulação na área de saúde, sendo que mais de 80% destes foram publicados a partir da década de 1990.

Porém, quando integradas, o *Lean* e a SED constroem uma relação sinérgica, potencializando seus benefícios. Dentre eles, para o *Lean*, cabe destacar, por ora, a possibilidade de se avaliar antecipadamente os resultados das melhorias propostas, sem a necessidade de experimentá-las no sistema real (BARIL *et al.*, 2016; BHAT; GIJO; JNANESH, 2014; HADDAD *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2015; YANG *et al.*, 2014). Já para a SED, a integração permite focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios, utilizando conceitos e técnicas do *Lean* (BHAT; GIJO; JNANESH, 2014; HUANG; KLASSEN, 2016; RAGHAVAN *et al.*, 2010; YANG *et al.*, 2014).

Entretanto, mesmo diante das vantagens apresentadas, *Lean* e SED raramente são utilizadas de forma conjunta, especialmente na área de saúde (ROBINSON *et al.*, 2012), o que se reflete, igualmente, na quantidade de publicações sobre o tema. Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre projetos de LHS, que está apresentada na subseção 4.4.2 e no Apêndice A, corrobora a afirmação dos autores ao identificar somente 13 artigos científicos que descrevem projetos desse tipo. Desses artigos, oito foram publicados nos últimos cinco anos, o que indica se tratar de um tema recente.

Diante desses dados, surge a questão: por que a integração LHS é ainda pouco explorada, sendo que suas possíveis vantagens são evidentes? Uma das razões pode ser a complexidade desses projetos. São projetos multidisciplinares, envolvendo, conjuntamente, pelo menos três áreas distintas, isto é, *Lean*, SED e serviços de saúde. Com isso, naturalmente, eleva-se o número de recomendações que devem ser consideradas para o desenvolvimento de um projeto de melhoria, agregando aquelas oriundos de cada uma das três áreas. Tratam-se de fatores críticos para a condução desses projetos e que, se não forem observados, podem acarretar em insucesso.

Esse aumento de complexidade demanda um maior número de conhecimentos e habilidades que nem sempre são de domínio dos profissionais da área de saúde. Souza e Pidd (2011) afirmam que a diferença de habilidades pessoais e profissionais entre colaboradores das áreas de manufatura e de saúde já é uma barreira para o *Lean*. Da mesma forma, a utilização de SED requer novos conhecimentos e habilidades, como conhecimento no *software* de simulação utilizado e em estatística (BANKS, 1998).

Dessa forma, seria oportuna a realização de um estudo com o objetivo de reunir e discutir as principais recomendações para a condução de projetos de LHS, de modo a facilitar e orientar futuros projetos por meio de ferramentas de apoio, como um *checklist* de recomendações. Com isso, seria possível melhorar sua implementação e seus resultados. Ao se realizar, em 31 de maio de 2017, uma busca nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, não foi possível identificar, entretanto, estudos com esse objetivo.

1.3. Objetivo

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho é reunir, por meio de uma revisão da literatura, as principais recomendações para a condução de projetos de LHS, que visem evitar a ocorrência de falhas em tais projetos. Assim, objetiva-se desenvolver um *checklist* com as principais recomendações, de modo que futuros projetos sejam orientados e possam apresentar maiores chances de sucesso. Além disso, optou-se pela definição dos seguintes objetivos específicos:

- Reunir, por meio de uma revisão da literatura, potenciais causas de falhas em projetos de LHS. Esse objetivo específico contribui para o trabalho ao direcionar a discussão quanto às recomendações no sentido de buscar evitar a ocorrência de causas de falhas nos projetos;
- Avaliar projetos de LHS já conduzidos, com a participação do autor, identificando eventuais falhas em sua condução e seus impactos decorrentes. Esse objetivo específico contribui para o trabalho ao complementar a discussão quanto às causas de falhas e ao permitir que seus impactos sejam avaliados;
- Desenvolver um projeto de LHS com a utilização do *checklist* e avaliar seus resultados. Esse objetivo específico contribui ao permitir implementar e validar, dentro das limitações do projeto de pesquisa, o *checklist* desenvolvido;
- Adicionalmente, realizar uma RSL sobre projetos de LHS, a fim de confrontá-los com as recomendações presentes no *checklist*, avaliando, assim, se este teria

o potencial de contribuir com projetos futuros de modo a evitar causas de falhas. Esse objetivo específico contribui para o trabalho ao permitir avaliar a qualidade do estado da arte de projetos de LHS, em termos de nível de atendimento às recomendações, e identificar o potencial de contribuição com a utilização do *checklist* desenvolvido.

Para atingir esses objetivos, o presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma. O capítulo 2 apresenta os principais conceitos relacionados ao *Lean* e à SED, especialmente quando aplicados a serviços de saúde. O capítulo 3 apresenta, então, o método de pesquisa adotado, enquanto o capítulo 4 demonstra a aplicação desenvolvida. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são apresentados conceitos fundamentais sobre *Lean* e SED, assim como aspectos relacionados a suas aplicações a serviços de saúde. Além disso, discute-se a integração LHS, em especial, suas possibilidades de aplicação e benefícios.

2.1. Simulação a Eventos Discretos

Segundo Law (2014), para estudar cientificamente os sistemas, muitas vezes, é necessário realizar uma série de suposições de relações matemáticas ou lógicas, constituindo um modelo, que representa o comportamento do sistema. Quando a simplicidade do modelo é suficiente, sua análise pode ser realizada por meio de métodos matemáticos, como álgebra e cálculo, o que é chamado de solução analítica. Entretanto, muitos sistemas são demasiadamente complexos para esse tipo de avaliação e precisam ser estudados por meio de simulação.

Banks (1998) define a simulação como a imitação do funcionamento de sistemas do mundo real, sejam estes existentes ou não, gerando histórias artificiais sobre eles, as quais são utilizadas para a realização de inferências sobre as características operacionais do sistema representado. Assim, ao se descrever e analisar o comportamento de um sistema, é possível responder a questões do tipo “e se?” e utilizar suas respostas para o desenho do sistema real.

Law (2014) classifica os modelos de simulação como uma classe dos modelos matemáticos, modelos, estes, que se contrapõem aos modelos físicos, de natureza

tangível. Os modelos de simulação podem ser determinísticos ou estocásticos, estáticos ou dinâmicos e discretos ou contínuos. Modelos determinísticos não apresentam variáveis aleatórias, ao contrário dos modelos estocásticos. Modelos estáticos avaliam o sistema em um determinado instante do tempo, enquanto os dinâmicos consideram a evolução do sistema no tempo, de forma discreta ou contínua. Nos modelos discretos, a evolução no tempo ocorre por meio de eventos finitos, ao passo que, nos modelos contínuos, as variáveis mudam continuamente, envolvendo taxas de mudança ao longo do tempo. A Figura 2.1 demonstra a classificação elaborada por Law (2014).

O presente trabalho abordará somente um tipo de simulação, com modelos estocásticos, dinâmicos e discretos, a chamada Simulação a Eventos Discretos (SED). A SED também pode ser utilizada para modelos determinísticos, um caso especial dos modelos estocásticos, quando a variação é nula. No entanto, esses modelos não serão abordados.

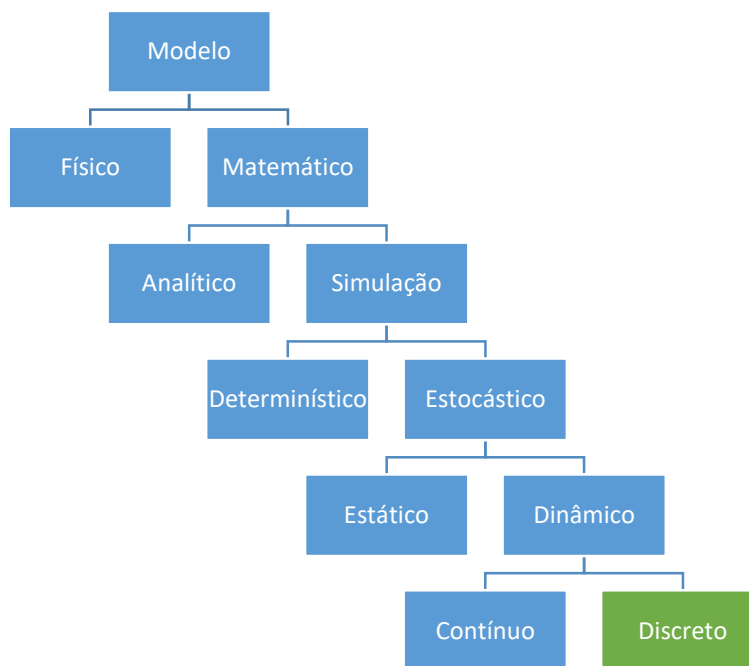


Figura 2.1 – Classificação de modelos

Fonte: adaptado de Law (2014)

Dentre as vantagens da utilização da SED, Banks (1998) ressalta a possibilidade de se testar alterações no sistema sem demandar recursos que seriam necessários para realizar os testes no sistema real; comprimir e expandir o tempo, acelerando ou desacelerando a velocidade com que o fenômeno ocorre; entender as razões pelas quais o fenômeno ocorre, observando-o e controlando-o; explorar possibilidades, testando diversas alternativas; diagnosticar problemas, avaliando sistemas complexos, com interações;

identificar gargalos; aumentar o entendimento sobre como o sistema funciona e irá funcionar; enxergar o *layout* do sistema e seu funcionamento por meio de animações; construir consenso; preparar para mudanças; e treinar pessoas.

Entretanto, segundo os mesmos autores, o uso da SED também apresenta algumas desvantagens: exige treinamento especial para modelagem; os resultados podem ser de difícil interpretação, por serem, geralmente, variáveis aleatórias; e a modelagem e a análise podem ser longas e custosas.

Por essas razões, Banks e Gibson (1997) definem situações em que o uso da SED deve ser evitado: quando o problema pode ser resolvido apenas com bom senso ou por meio de métodos analíticos; quando for mais fácil realizar experimentos diretamente no sistema; quando o custo do projeto de simulação exceder os ganhos esperados; quando recursos e tempo não estiverem disponíveis; quando não houver dados disponíveis e não for possível obtê-los; se não houver habilidade para verificar e validar o modelo; se houver expectativas irrealistas sobre os resultados do projeto; e se o comportamento do sistema for excessivamente complexo.

2.1.1. Método de Simulação a Eventos Discretos

Diversos autores propõem métodos de SED. Um desses métodos é o de Montevechi *et al.* (2010), apresentado na Figura 2.2, composto por três grandes fases: concepção, implementação e análise.

A fase de concepção se inicia com a definição dos objetivos do projeto e do sistema a ser simulado. Em seguida, parte-se para a etapa de modelagem conceitual. Trata-se da abstração do sistema real (ou proposto) a partir de uma representação gráfica, matemática ou lógica, podendo incluir entidades, suas ações e interações, algoritmos, pressupostos e restrições (GOLDSMAN; YAACOUB; SARGENT, 2017; ROBINSON *et al.*, 2011; SARGENT, 2013). É possível encontrar na literatura diversas técnicas para modelagem conceitual, mas, entre elas, é possível destacar o IDEF-SIM (LEAL, 2008), desenvolvido de modo a aproximar a linguagem do modelo conceitual à estrutura do modelo computacional. Ao final da fase de concepção, são coletados e modelados os dados necessários para construção do modelo computacional, tais como tempos de ciclo, padrões de chegada e probabilidades.

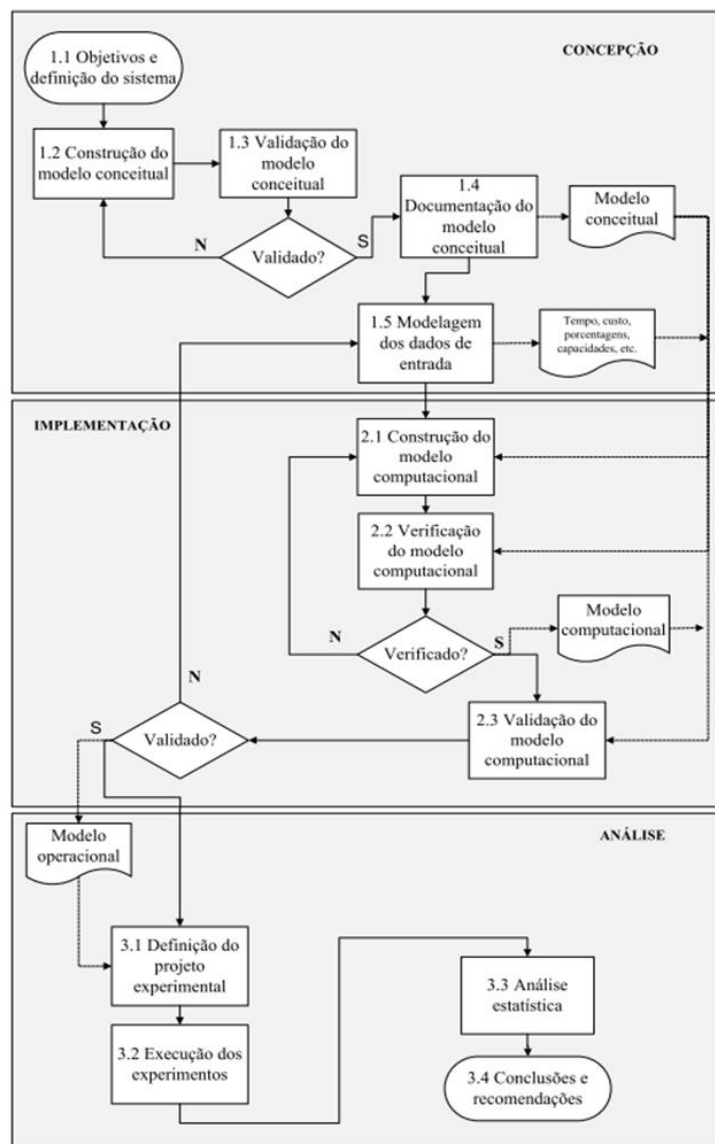


Figura 2.2 – Método de Simulação a Eventos Discretos

Fonte: adaptado de Montevechi *et al.* (2010)

Na fase de implementação, o modelo computacional é construído, verificado e validado. A verificação é o processo de garantia de que o modelo computacional foi corretamente construído, refletindo o modelo conceitual. A validação, por outro lado, consiste na comprovação de que o modelo computacional, dentro do seu domínio de aplicabilidade, representa o sistema real com uma precisão adequada e de acordo com os objetivos definidos para o projeto (GOLDSMAN; YAACOUB; SARGENT, 2017).

Por fim, chega-se à fase de análise, com a realização de experimentos e sua correspondente análise estatística. Após a execução dos experimentos e a análise dos resultados, são feitas as conclusões e as recomendações.

Outros métodos de SED seguem estruturas semelhantes à proposta por Montevechi *et al.* (2010). Entretanto, Montevechi *et al.* (2016), ao analisarem oito dos principais métodos de SED identificados na literatura, concluem que o método desenvolvido por Montevechi *et al.* (2010) é um dos mais completos. Entretanto, segundo os próprios autores e Robinson (2001), o fato de um método não apresentar explicitamente uma certa atividade não significa que esta não esteja prevista.

2.1.2. Estágios de sucesso em projetos de simulação

Robinson e Pidd (1998) definem quatro estágios consecutivos de sucesso de projetos em simulação, os quais estão apresentados na Figura 2.3. Atingir o primeiro estágio significa que a modelagem e os experimentos alcançaram os objetivos definidos e foram concluídos em um tempo adequado. Benefícios desse estágio incluem a identificação de oportunidades de redução de custos, aumento nas vendas e a melhoria no entendimento sobre o processo. Para os autores, mesmo que o projeto não atinja os objetivos definidos, o estudo pode ser considerado como bem sucedido, caso tenha trazido outras vantagens, inicialmente não esperadas. Por exemplo, se o objetivo de redução de custos não for atingido, mas, uma possibilidade de aumento nas vendas for identificada.



Figura 2.3 – Estágios de sucesso em projetos de simulação

Fonte: adaptado de Robinson e Pidd (1998)

Já o segundo estágio está relacionado à aceitação dos resultados pelo cliente. Essa aceitação é necessária para que os resultados sejam implementados, mas, não está sob

total controle do modelador. Por exemplo, questões políticas podem afetar o comportamento dos clientes. Segundo Robinson e Pidd (1998), muitos projetos possuem múltiplos clientes, que, geralmente, enxergam os resultados de forma diferente. Isso ocorre, sobretudo, pois atribuem diferentes importâncias a cada um dos aspectos relacionados aos resultados e à implementação.

O terceiro estágio é atingido com a implementação dos resultados. Entretanto, isso nem sempre precisa acontecer, especialmente quando os resultados forem intangíveis. Por exemplo, se o objetivo do projeto for apenas uma melhoria no entendimento sobre o processo ou seu diagnóstico. Quando os resultados são aceitos, a implementação depende que recursos estejam disponíveis, o que nem sempre ocorre, ao menos de imediato. Em geral, o terceiro estágio não está sob controle do modelador, sendo a simulação somente um *input* para uma decisão muito mais ampla.

Por fim, o quarto estágio está relacionado aos resultados da implementação. Avaliá-los nem sempre é fácil, podendo se tornar possível somente após algum tempo. Nesse período, outras mudanças podem ocorrer no sistema, dificultando a identificação precisa dos efeitos originados da implementação dos resultados dos experimentos. Não há garantia que a obtenção de sucesso nos três primeiros estágios leve, também, ao sucesso do último. Porém, segundo os autores, falhas nos primeiros estágios tornam o sucesso impossível nos posteriores.

2.1.3. Simulação a Eventos Discretos aplicada aos serviços de saúde

A utilização da SED em serviços de saúde não é nova, remontando à década de 1960 (PITT, 2008). Porém, desde então, houve um grande crescimento em seu interesse. Para Arisha e Rashwan (2016), esse crescimento é uma forte evidência de que o uso da simulação, quando adequado, proporciona melhores decisões na gestão de serviços de saúde, sem comprometer a segurança dos pacientes. Essa vantagem tem chamado, cada vez mais, a atenção de hospitais e autoridades na área de saúde (CHENG *et al.*, 2017).

Entretanto, segundo Tako (2015), profissionais experientes atuantes em simulação aplicada aos serviços de saúde afirmam que sua aplicação é mais difícil do que em outras áreas. Os principais problemas citados são: estrutura menos evidente; sistemas mais complexos; problemas confusos; maior esforço para coleta de dados; maior dificuldade em acessar os dados; barreiras devido a questões éticas; maior influência de questões

políticas; menor disponibilidade de tempo do cliente; e maior dificuldade em garantir a implementação.

Além disso, de uma forma geral, os respondentes consultados pelos autores afirmaram identificar, em projetos de simulação em serviços de saúde, menor incentivo e maior resistência a mudanças, além de uma maior dificuldade em desenvolver modelos que podem ser reaproveitados em novos projetos.

O Quadro 2.1 apresenta alguns exemplos de aplicações recentes de SED em serviços de saúde, obtendo resultados positivos em relação a custos, capacidade, tempos de espera e de permanência e níveis de serviço e de perdas.

Quadro 2.1 – Exemplos de aplicações de SED em serviços de saúde

País	Aplicação	Resultados	Autores
Nova Zelândia	Gestão de suprimentos médicos.	Redução de custos por meio da redução de expirações.	Zhou e Olsen (2018)
Egito	Departamento de emergência.	Redução na superlotação do departamento.	Hussein <i>et al.</i> (2017)
Reino Unido	Radioterapia.	Redução no tempo de espera.	Babashov <i>et al.</i> (2017)
Suécia	Departamento de emergência.	Redução no tempo de permanência e no tempo de espera.	Goienetxea Uriarte <i>et al.</i> (2017)
Brasil	Planejamento e análise da capacidade de leitos de um hospital.	Definição do número adequado de leitos para o hospital.	Pinto <i>et al.</i> (2015)
Chile	Gestão de estoque de hemocomponentes.	Redução na falta e na perda de hemocomponentes.	Baesler <i>et al.</i> (2014)

2.2. *Lean*

O surgimento do *Lean* remonta à década de 1950. Após a Segunda Guerra Mundial, a indústria japonesa de carros e caminhões enfrentava um cenário adverso. O mercado doméstico era limitado e demandava grande variedade de veículos, o que se contrapunha à então vigente filosofia de produção em massa, com poucas variedades produzidas em larga escala. Além disso, a economia do país estava debilitada, com baixa disponibilidade de capital e poucas relações comerciais internacionais. Assim, se tornava difícil a aquisição de tecnologias de produção ocidentais modernas (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Para responder a esse desafio, a empresa automobilística japonesa Toyota começou a desenvolver, na década de 1950, um novo sistema de produção, batizado de Sistema Toyota de Produção (STP). Sua concepção e seu refinamento duraram décadas, tendo, inclusive, como inspiração, trabalhos de autores como Henry Ford e William Edwards Deming (GRABAN, 2016).

Taiichi Ohno, creditado como o principal mentor do STP, objetivava atender aos clientes no menor tempo, na mais alta qualidade e com o menor custo possíveis. Para tanto, seria necessário concentrar o esforço em atividades que agregassem valor para o cliente (GRABAN, 2016), as quais comumente não são as únicas realizadas pelas organizações. Hines e Taylor (2000) definem três tipos de atividades:

- Atividades que agregam valor: são atividades necessárias e pelas quais o cliente se dispõe a pagar. Representam cerca de 5% das atividades realizadas por empresas manufatureiras e de 1% em ambientes administrativos;
- Atividades que não agregam valor, mas que são necessárias: mesmo sendo desperdícios, continuam sendo necessárias por motivações técnicas ou econômicas, devendo-se buscar eliminá-las assim que possível. Representam cerca de 35% das atividades de uma empresa de manufatura e de 49% em ambientes administrativos;
- Atividades que não agregam valor: desnecessárias sob qualquer circunstância e consideradas desperdícios puros. O cliente não se dispõe a pagar por elas e sua eliminação deve ser realizada no curto prazo. Abrangem

cerca de 60% dos esforços de uma empresa do setor de manufatura e de 50% em ambientes administrativos.

Compreendendo isso, Taiichi Ohno idealizou uma filosofia e um conjunto de práticas que objetivam a eliminação de desperdícios, concentrando os esforços da organização nas atividades que agregam valor sob a perspectiva do cliente (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

A Toyota só começou a escrever sobre o STP na década de 1980, período em que começaram a surgir, também, as primeiras traduções dos trabalhos de Taiichi Ohno e de outros autores para o inglês (GRABAN, 2016). Nessa época, Krafcik (1988) e Womack, Jones e Roos (1990) rebatizaram o STP como *Lean Production System*, ou, em português, Sistema de Produção Enxuta. O termo “enxuto”, que se popularizou, foi utilizado para indicar um sistema com capacidade de funcionar com a metade de espaço físico, de força de trabalho, de investimento e de estoque, além de apresentar muito menos que a metade dos defeitos e acidentes.

Com o passar dos anos, o interesse pelo *Lean* ultrapassou os limites da indústria automotiva. Seus conceitos têm sido utilizados nas mais variadas áreas da indústria e de serviços, como têxtil, eletrônica, alimentícia, cerâmica, governos, hospitais, telecomunicações e de construção, o que vem apresentando resultados positivos (BHAMU; SANGWAN, 2014; HOLWEG, 2007; LEYER; VOGEL; MOORMANN, 2015; TOUSSAINT; BERRY, 2013).

2.2.1. *Lean* aplicado aos serviços de saúde

A aplicação do *Lean* em serviços de saúde recebeu o nome de *Lean Healthcare*. Seus primeiros estudos foram desenvolvidos a partir dos anos 2000, especialmente em departamentos de emergência e cirurgia dos Estados Unidos, país, este, que se destacou, desde então, no número de publicações sobre o tema (D'ANDREAMATTEO *et al.*, 2015).

Assim como na manufatura, a aplicação do *Lean* nos serviços de saúde objetiva a eliminação de desperdícios, os quais devem ser entendidos e interpretados no contexto dos serviços de saúde. Nesse sentido, Graban (2016) define oito tipos de desperdícios que podem existir nas atividades realizadas por organizações dessa área (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Sete desperdícios em serviços de saúde

Desperdício	Descrição	Exemplos em serviços de saúde
Defeitos	Realizar atividades de forma incorreta, inspecionar ou retrabalhar.	Administração de medicamento ou dose incorretos.
Superprodução	Fazer mais do que é demandado pelo cliente ou antes do necessário.	Procedimentos para diagnóstico desnecessários.
Transporte	Transporte desnecessário de “produtos” (pacientes, amostras, materiais).	<i>Layout</i> inadequado, como laboratórios distantes dos pontos de coleta.
Espera	Espera por recursos, materiais e por atividades seguintes.	Empregados ociosos devido a cargas de trabalho desniveladas; pacientes aguardando por consultas.
Estoque	Excesso de estoque, gerando custos financeiros, de estocagem, movimentação, deterioração e perdas.	Suprimentos expirados.
Movimentação	Movimentação desnecessária de colaboradores.	Enfermeiras se movimentando excessivamente devido a <i>layouts</i> inadequados.
Superprocessamento	Realizar atividades que não apresentam valor para o cliente e que não atendem a suas necessidades.	Inserção de dados em formulários que não serão utilizados posteriormente.
Potencial humano	Perda pela falta de engajamento dos colaboradores.	Colaboradores esgotados que deixam de sugerir melhorias.

Fonte: adaptado de Graban (2016)

Os resultados das aplicações de *Lean Healthcare* vêm se mostrando positivos. Mesmo quando não implementado de forma sistemática e abrangente na organização, o *Lean Healthcare* pode proporcionar uma série de benefícios para os serviços de saúde (D'ANDREAMATTEO *et al.*, 2015). Dentre esses benefícios, os autores destacam melhorias em produtividade, custos, resultados financeiros, qualidade na prestação dos serviços e segurança e satisfação, tanto dos pacientes quanto da equipe.

Entretanto, implementar o *Lean* é um trabalho difícil e longo, também na área de saúde (TOUSSAINT; BERRY, 2013). O *Lean* transforma a cultura organizacional de dentro para fora, exigindo que gestores e líderes se tornem facilitadores, mentores e professores e que permitam que os colaboradores tomem iniciativa na realização de melhorias.

2.3. *Lean Healthcare Simulation*

Robinson *et al.* (2012) defendem a oportunidade de integração de *Lean* e SED em serviços de saúde com três objetivos: ensinar, avaliar e facilitar, ou, como definido pelo autor, *SimLean Educate*, *SimLean Evaluate* e *SimLean Facilitate*, respectivamente.

O *SimLean Educate* foca o ensino dos conceitos do *Lean* por meio da SED, a qual oferece subsídios para demonstrar e entender a dinâmica de processos em serviços de saúde. É possível apresentar lições que abordem a eliminação de desperdícios (*Muda*), assim como de sobrecargas (*Muri*) e inconstâncias (*Mura*). Segundo os autores, vários modelos didáticos podem ser construídos previamente e utilizados no aprendizado antes ou durante os projetos de *Lean Healthcare*.

Já o *SimLean Evaluate* tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de SED detalhado, que permita a execução de experimentos e a avaliação de seus resultados. Trata-se do uso mais tradicional da SED, demandando, normalmente, dias ou semanas de trabalho. Segundo os autores, o *SimLean Evaluate* deveria ser empregado após a realização de uma reunião da equipe do projeto, testando as ideias geradas e criando novas sugestões, quando necessário.

E, por fim, o *SimLean Facilitate* se refere ao uso da SED para construir rapidamente um mapa dinâmico do processo em estudo, durante uma reunião da equipe do projeto. Assim, seria possível obter um melhor entendimento do funcionamento do sistema em seu estado atual, engajando os participantes e facilitando a exploração de propostas de melhoria. Segundo os autores, ao contrário do *SimLean Evaluate*, o *SimLean Facilitate* não se preocupa, necessariamente, com a execução de experimentos e com a precisão do modelo computacional.

Nota-se que os autores emprestam uma conotação de colaboração e agilidade ao *SimLean Facilitate*. Entretanto, há na literatura exemplos de projetos que, apesar de não se caracterizarem por modelagens computacionais ágeis e colaborativas, também possuem como um de seus objetivos facilitar o desenvolvimento do projeto como um todo. Bhat, Gijo e Jnanesh (2014) constroem um modelo computacional detalhado, alinhado ao

SimLean Evaluate, mas, antes dos eventos em equipe. Desse modo, os autores identificam previamente em que área do departamento em análise as propostas de melhoria deveriam ser focadas, direcionando e facilitando os trabalhos da equipe.

Baril *et al.* (2016) também desenvolvem um modelo computacional detalhado antes dos eventos em equipe. Dessa forma, o autor obtém uma série de benefícios. O modelo que representa o próprio sistema em estudo foi utilizado para ensinar os conceitos do *Lean*, ao invés de modelos genéricos. Ao realizar alguns experimentos antes do evento *Lean*, foi possível compreender melhor o problema e identificar em que direção a reunião em equipe deveria ser conduzida. Além disso, ao programar e testar previamente possíveis propostas de melhoria, os autores permitiram que as discussões durante o evento *Lean* fossem mais ágeis, sem demandar a programação e execução de experimentos durante sua realização. Ou seja, ao adotar essa estratégia, o autor combinou vantagens dos três tipos de integração propostos por (ROBINSON *et al.*, 2012).

Vários autores constataam sinergias da integração entre *Lean* e SED aplicada aos serviços de saúde, destacando os benefícios proporcionados. O Quadro 2.3 apresenta três benefícios do *Lean* para projetos de SED em serviços de saúde, que, resumidamente, se enquadram nas classes foco, apoio à compreensão do sistema e do problema e apoio à identificação de soluções. Já o Quadro 2.4 apresenta 13 benefícios da SED para projetos de *Lean* no mesmo contexto, que, resumidamente, se enquadram em três classes: apoio à compreensão do sistema e do problema, apoio à avaliação de soluções e apoio à gestão de recursos humanos. Por fim, exemplos de aplicações de LHS serão apresentados na subseção 2.3.3, que se dedica a descrever o estado da arte desses projetos.

Quadro 2.3 – Benefícios da integração LHS para projetos de SED

Classe	Benefício	Autores
Foco.	Focar a melhoria dos resultados por meio da eliminação de desperdícios.	Huang e Klassen (2016)
Apoio à compreensão do sistema e do problema.	Apoiar a identificação de desperdícios por meio da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e de outras ferramentas e conceitos.	Bhat, Gijo e Jnanesh (2014), Doğan e Unutulmaz (2016), Raghavan <i>et al.</i> (2010) e Yang <i>et al.</i> (2014)
Apoio à identificação de soluções.	Apoiar a identificação de (mais) soluções por meio de ferramentas e conceitos do <i>Lean</i> voltados para a eliminação de desperdícios.	Bhat, Gijo e Jnanesh (2014), Huang e Klassen (2016), Raghavan <i>et al.</i> (2010) e Yang <i>et al.</i> (2014)

Quadro 2.4 – Benefícios da integração LHS para projetos de *Lean*

Classe	Benefício	Autores
Apoio à compreensão do sistema e do problema.	Observar o comportamento do sistema e avaliar questões não aparentes, tendo imagem do todo.	Robinson <i>et al.</i> (2014)
	Transformar mapeamentos estáticos em dinâmicos.	Doğan e Unutulmaz (2016) e Robinson <i>et al.</i> (2014)
	Identificar desperdícios.	Huang e Klassen (2016)
Apoio à avaliação de soluções.	Avaliar antecipadamente resultados das melhorias.	Baril <i>et al.</i> (2017), Huang e Klassen (2016) e Yang <i>et al.</i> (2014)
	Realizar experimentos sem alterar o sistema real.	Haddad <i>et al.</i> (2016) e Huang e Klassen (2016)
	Avaliar interações entre as mudanças propostas.	Huang e Klassen (2016)
	Avaliar robustez das melhorias a mudanças e perturbações no sistema.	Huang e Klassen (2016)
	Quando utilizada antes do evento <i>Lean</i> , economizar tempo do evento ao eliminar foco em propostas não vantajosas.	Baril <i>et al.</i> (2016)
Apoio à gestão de recursos humanos.	Mostrar benefícios do <i>Lean</i> à equipe e facilitar o aprendizado, quebrando ceticismo e falta de propriedade.	Baril <i>et al.</i> (2016), Doğan e Unutulmaz (2016) e Haddad <i>et al.</i> , 2016)
	Convencer gestores sobre as mudanças necessárias.	Haddad <i>et al.</i> (2016) e Raghavan <i>et al.</i> (2010)
	Engajar os participantes.	Baril <i>et al.</i> (2016)
	Facilitar consenso e gestão de conflitos.	Baril <i>et al.</i> (2016)
	Evitar personificação do problema.	Robinson <i>et al.</i> (2014)

3. MÉTODO

O método de pesquisa adotado para o presente trabalho é a Pesquisa-Ação. Trata-se do processo de investigação no qual o conhecimento científico é integrado ao conhecimento organizacional e aplicado com a finalidade de resolver problemas reais. A Pesquisa-Ação está preocupada, simultaneamente, em desenvolver competências pessoais nos membros do projeto e criar conhecimento científico. Além disso, é um processo evolutivo

conduzido em um espírito de colaboração (COGHLAN; BRANNICK, 2005; MELLO *et al.*, 2012).

Coghlan e Brannick (2005) definem quatro principais características da Pesquisa-Ação. A primeira delas é o caráter de pesquisa em ação, ao invés de pesquisa sobre ação. De acordo com os autores, a pesquisa deve buscar não somente entender o problema, mas, também resolvê-lo. No presente estudo, eventuais problemas na condução de projetos de LHS serão identificados e discutidos, mas, adicionalmente, serão desenvolvidas e implementadas propostas para que esses problemas sejam corrigidos ou evitados.

A segunda característica é a parceria colaborativa entre pesquisador e membros do sistema estudado. A Pesquisa-Ação requer pesquisadores que não sejam somente participantes engajados, mas, também, que assumam a perspectiva de observadores críticos e analíticos. Não como instância validadora, mas como integrante da prática (RIORDAN, 1995). No presente estudo, participarão pesquisadores que atuam com projetos de *Lean Healthcare* e SED do Núcleo de Estudos Avançados para Auxílio à Decisão (NEAAD) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Já a terceira característica é de pesquisa paralela à ação. Nesse sentido, Coghlan e Brannick (2005) afirmam que o objetivo da pesquisa é tornar a ação mais efetiva, ao mesmo tempo em que o conhecimento científico é construído. Trata-se de uma característica muito próxima do objetivo do presente trabalho, resumidamente, colaborar para que a prática de projetos de LHS se torne mais efetiva.

E, por fim, a característica de sequência de eventos, se tratando de um método cíclico de pesquisa. Nesse sentido, Coghlan e Brannick (2005) propõem um ciclo para condução de Pesquisa-Ação, apresentado na Figura 3.1, que será utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho.

O ciclo da Pesquisa-Ação é desencadeado com a compreensão e definição do contexto e do propósito do projeto, etapa externa anterior ao ciclo. Uma vez que a necessidade do projeto é identificada, é útil definir o estado futuro que se deseja atingir. No caso do presente trabalho, o estado futuro é a condução de projetos de LHS bem-sucedidos, sem a ocorrência de falhas. Essa etapa, que apresenta características introdutórias, já está apresentada no Capítulo 1, com a definição do contexto, da justificativa e dos objetivos da pesquisa.

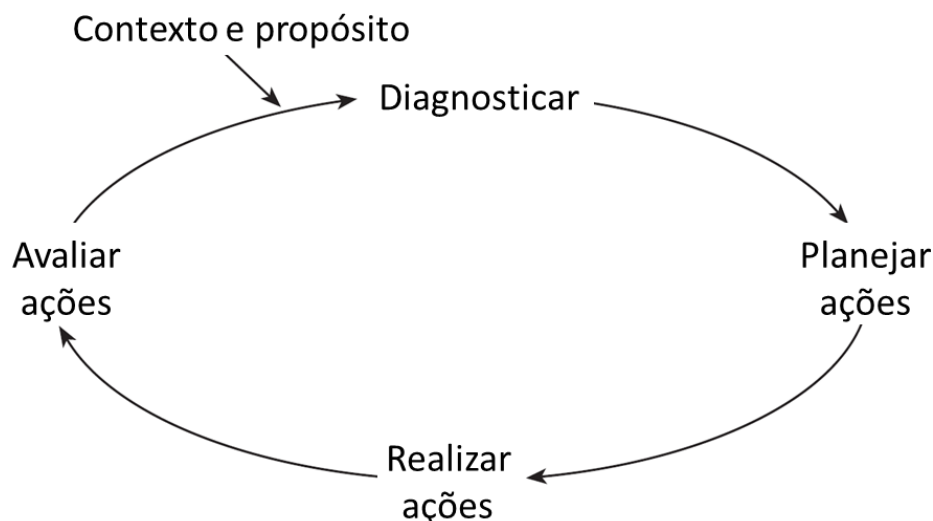


Figura 2.1 – Ciclo de pesquisa-ação

Fonte: adaptado de Coghlan e Brannick (2005)

Já a etapa de diagnóstico visa definir quais são os problemas, mesmo que essa definição seja aperfeiçoada durante o projeto. É importante que o diagnóstico seja feito de forma colaborativa e não somente por um especialista.

A etapa de planejar ações deve ser consistente com as etapas anteriores, desenvolvendo e planejando ações que respondam aos problemas identificados e que estejam alinhadas aos objetivos definidos. O projeto segue, então, para a etapa de realizar as ações, com a realização das intervenções e, por fim, a avaliação dos resultados. Tanto os resultados intencionais quanto os não intencionais devem ser examinados, avaliando se foram corretos o diagnóstico e as ações realizadas e se as ações foram implementadas de forma apropriada.

As etapas definidas por Coghlan e Brannick (2005) estão alinhadas aos objetivos do trabalho, conforme demonstra o Quadro 3.1, de modo que, por meio delas, os objetivos poderão ser atingidos.

A execução das etapas da Pesquisa-Ação e das atividades necessárias para atingir os objetivos citados encontra-se detalhada no próximo capítulo.

Quadro 3.1 – Relação entre etapas da pesquisa-ação e objetivos do trabalho

Etapa da Pesquisa-Ação	Objetivos do presente trabalho relacionados
Diagnosticar	<ul style="list-style-type: none"> • Reunir, por meio de uma revisão da literatura, potenciais causas de falhas em projetos de LHS; • Avaliar projetos de LHS já conduzidos, com a participação do autor, identificando eventuais falhas em sua condução e seus impactos decorrentes.
Planejar ação	<ul style="list-style-type: none"> • Planejar o <i>checklist</i>, reunindo, por meio de uma revisão da literatura, as principais recomendações para a condução de projetos de LHS, que visem evitar a ocorrência de causas de falhas nesses projetos.
Realizar ação	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver o <i>checklist</i>.
Avaliar ação	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um projeto de LHS com a utilização do <i>checklist</i> e avaliar seus resultados; • Adicionalmente, realizar uma RSL sobre projetos de LHS, a fim de confrontá-los com as recomendações presentes no <i>checklist</i>, avaliando, assim, se este teria o potencial de orientar os projetos de modo a evitar causas de falhas.

4. APLICAÇÃO

Neste capítulo, é apresentada a execução do método de Pesquisa-Ação de acordo com os objetivos e atividades definidos.

4.1. Diagnosticar

Como afirmado anteriormente, para a etapa de diagnóstico, decidiu-se por reunir, por meio de uma revisão da literatura, as potenciais causas de falhas em projetos de LHS, o que está apresentado na subseção 4.1.1. Além disso, de forma complementar, dois projetos de LHS já conduzidos, com a participação do autor, serão apresentados, buscando indicar eventuais falhas em sua condução e seus impactos decorrentes, discussão, esta, apresentada na subseção 4.1.2. Por fim, a subseção 4.1.3 apresenta as conclusões da etapa de diagnóstico.

4.1.1. Potenciais causas de falhas em projetos de *Lean Healthcare Simulation*

Não foram identificados na literatura trabalhos que discutam potenciais causas de falhas em projetos de LHS. Entretanto, há artigos que avaliam tais causas em projetos de *Lean* e de simulação, de forma isolada. É importante salientar que não se busca afirmar se essas causas de falhas são exclusivas a projetos de LHS ou se podem ser encontradas também em outras áreas.

Em relação aos projetos de *Lean* em serviços de saúde, Souza e Pidd (2011) elencam oito barreiras ao seu desenvolvimento:

- 1) **Existência de silos profissionais e funcionais:** em muitas organizações da área de saúde, há uma estrutura fragmentada, repleta de silos. Isso ocorre quando os profissionais são separados em grupos de acordo com suas especialidades ou funções. Entretanto, o *Lean* visa obter melhorias em todo o processo de atendimento. Caso contrário, os esforços podem resultar em subotimizações que não melhorarão o atendimento como um todo;
- 2) **Percepção incorreta sobre o *Lean*:** na área de saúde, existem mitos relacionados à manufatura, como o de que suas funções são monótonas, extenuantes, mal remuneradas, com poucas chances de progressão na carreira e sem exigência intelectual. Além disso, crê-se, equivocadamente, que a humanidade do tratamento seria eliminada com a utilização de abordagens oriundas da manufatura, tratando pacientes como objetos;
- 3) **Resistência à mudança e ceticismo:** a resistência à mudança é um problema significativo em qualquer programa de melhoria contínua e organização, merecendo especial atenção. Segundo Souza e Pidd (2011), normalmente, essa resistência está mais relacionada ao fato de que mudanças são necessárias do que a uma eventual oposição ao *Lean*;
- 4) **Terminologia desconhecida:** o *Lean* geralmente introduz uma nova terminologia no ambiente de trabalho, utilizando termos como *Muda* (desperdício), *Kanban* (sinal de produção), *Kaizen* (melhoria contínua) e *Heijunka* (nivelamento da produção). Como não são disseminados na área de saúde, dificultam o entendimento de seus profissionais;
- 5) **Falta de habilidades pessoais e profissionais:** há diferenças pessoais e profissionais entre colaboradores da área de saúde e da manufatura. Como

afirmado anteriormente, o *Lean* demanda um balanço de habilidades quantitativas e qualitativas que nem sempre são de domínio dos profissionais da área de saúde. Costa *et al.* (2017) corroboram esse fato ao indicar, como barreiras ao *Lean* na área de saúde, a falta de treinamento, o desconhecimento de conceitos do *Lean* e a dificuldade com novas tecnologias;

- 6) **Medidas de performance inadequadas:** sem medir performances, não é possível escolher propostas de melhoria e avaliar se estas foram bem-sucedidas. De acordo com Grant e Hallam (2016), o sucesso em um ambiente *Lean* requer um claro entendimento da performance desejada, assim como o desejo de colaborar e os meios para que isso seja feito. Entretanto, a seleção de medidas de performance inadequadas pode acarretar em efeitos colaterais indesejados, como distorção de prioridades, foco em atividades que não são importantes e comparações impróprias entre os colaboradores, buscando culpados;
- 7) **Impulso organizacional insuficiente:** o *Lean* não é uma solução rápida. Um programa de melhoria contínua exige grande esforço em seu início, incluindo, por exemplo, treinamentos e projetos piloto. Se o impulso organizacional não for suficiente para implementação do *Lean*, o comprometimento dos envolvidos pode se enfraquecer ao longo do tempo;
- 8) **Hierarquia e gestão:** organizações da área de saúde geralmente apresentam uma forte estrutura hierárquica, onde as responsabilidades gerenciais são frequentemente designadas a profissionais de excelência, mas, sem habilidades gerenciais ou de liderança. Não é possível assumir que o melhor médico será, também, o melhor gestor. Além disso, muitas vezes, médicos possuem mais poder do que outros grupos profissionais e não oferecem a estes autonomia para tomada de decisões.

Além disso, considerando-se a característica filosófica atribuída ao *Lean*, é razoável considerar que os projetos podem vir a apresentar falhas caso não se adequem aos seus conceitos. Portanto, embora Souza e Pidd (2011) não indiquem a não aderência à filosofia *Lean* como uma das potenciais causas de falhas, pode ser importante considerá-la.

Para tanto, é oportuno voltar aos primórdios do desenvolvimento do *Lean*. Ohno (1997) afirma que o início do STP foi marcado pela constatação de que um trabalhador japonês, na década de 1940, produzia somente uma parcela do que trabalhadores americanos e alemães. O autor compreendeu que os japoneses estavam cometendo desperdícios e que,

se fosse possível eliminá-los, a produtividade se elevaria. Com isso, Ohno (1997, p. 25) define que “a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício”. E complementa, “a verdadeira melhoria na eficiência surge quando produzimos zero desperdício” (OHNO, 1997, p. 39). Assim, é possível determinar a nona potencial causa de falha:

- 9) **Não foco na eliminação de desperdícios:** empreender esforços que não se adequem aos conceitos da filosofia *Lean*, não focando a melhoria dos resultados por meio da absoluta eliminação dos desperdícios.

Já em relação à simulação, Robinson e Pidd (1998) e Williams e Ulgen (2012) reúnem as principais causas de falhas nesses projetos, de uma forma ampla, sem se restringir aos serviços de saúde:

- 1) **Momento inoportuno:** frequentemente, projetos de simulação falham por não ocorrerem em momentos adequados ou por durarem muito tempo, não atendendo à necessidade do cliente em tempo hábil. Se este precisa tomar uma decisão em no máximo um mês, um projeto de simulação que dure mais do que isso não terá utilidade;
- 2) **Suporte insuficiente:** projetos de simulação demandam apoio do cliente e de seus colaboradores em diversos momentos, como discussões, coleta de dados, modelagens e implementação dos resultados. Caso não haja suporte, os projetos podem ser inviabilizados ou durar mais tempo do que o esperado;
- 3) **Falta de participação do usuário final:** muitas vezes, os modeladores trabalham de forma isolada, sem consultar o usuário final. Assim, quando se encontra pronto, o modelo computacional pode não ter utilidade. O usuário final é o único que pode informar ao modelador sobre considerações importantes que devem ser observadas;
- 4) **Comunicação pobre:** documentação e comunicação ausentes, incompletas ou inadequadas prejudicam a integração da equipe, a sustentabilidade do projeto e a perenidade de seus resultados, tais como o modelo computacional desenvolvido;
- 5) **Objetivos mal definidos:** não definir o problema e as questões a serem avaliadas ou defini-las de forma vaga, nebulosa e não quantitativa pode levar o projeto a resultados não desejados;
- 6) **Planejamento de projeto não realizado ou inadequado:** projetos de simulação muitas vezes falham devido a planejamentos com cronogramas irrealistas, que não

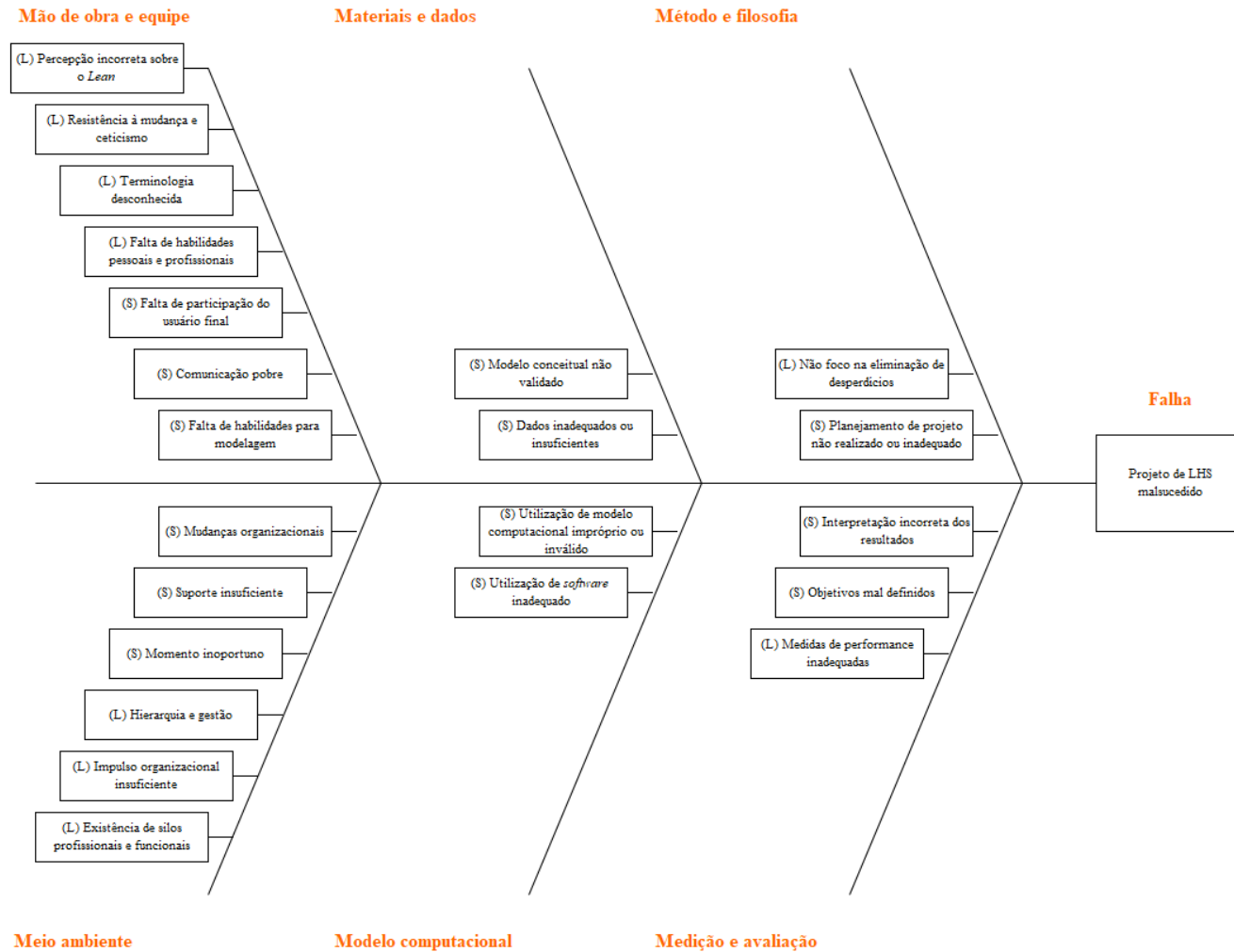
consideram que pessoas ligadas ao cliente, tais como engenheiros, precisarão ser disponibilizadas ao menos para esclarecimentos e discussões, dentre outros problemas;

- 7) **Modelo conceitual não validado:** quando modelos conceituais não são validados e aceitos tanto por clientes quanto por modeladores, é possível que o modelo computacional seja construído de modo a não representar o sistema real;
- 8) **Dados inadequados ou insuficientes:** dados truncados, não confiáveis ou que não levam em consideração aspectos relevantes do sistema a ser modelado podem distanciar excessivamente os modelos computacionais desenvolvidos do sistema real;
- 9) **Utilização de *software* inadequado:** adotar *softwares* que utilizam linguagens de programação de difícil interpretação pode prejudicar o envolvimento do usuário final ou mesmo o desenvolvimento do modelo computacional, caso não haja conhecimento suficiente nessa linguagem;
- 10) **Falta de habilidades para modelagem:** equipes de projetos de simulação experimentam frequentemente a falta de especialistas com *expertise* e interesse profissional na área de modelagem e simulação, o que dificulta o desenvolvimento dos modelos necessários;
- 11) **Utilização de modelo computacional impróprio ou inválido:** a utilização de modelos computacionais que não representam a realidade, tanto em relação à sua lógica interna quanto às suas saídas, pode levar o projeto a resultados indesejados;
- 12) **Interpretação incorreta dos resultados:** a não utilização de experimentos que considerem requisitos estatísticos, como uma estrutura de confundimento adequada, e a utilização incorreta de testes estatísticos podem levar a conclusões equivocadas sobre os experimentos realizados;
- 13) **Mudanças organizacionais:** mudanças de prioridades da organização e de seus membros podem afetar a prioridade do projeto de simulação, assim como a disponibilidade de recursos para sua realização.

Assim, combinando-se as causas de falhas em projetos de *Lean Healthcare* e em projetos de simulação, chega-se a um número de 22 potenciais causas de falhas em projetos de LHS. Por meio de um diagrama de Ishikawa, essas falhas foram organizadas e classificadas em seis tipos (Figura 4.1), quais sejam:

- **Mão de obra e equipe:** fatores humanos, sejam estes individuais ou coletivos;

- **Materiais e dados:** causas relacionadas às entradas necessárias para a construção do modelo computacional;
- **Método e filosofia:** que envolvem os conceitos básicos das áreas envolvidas, assim como, de maneira geral, a forma de condução do projeto;
- **Meio ambiente:** causas associadas às características do meio organizacional e do contexto de realização do projeto;
- **Modelo computacional:** causas referentes à construção, validação e apresentação do modelo computacional;
- **Medição e avaliação:** causas que envolvem a medição e a avaliação dos resultados do modelo computacional (não relacionadas à medição das entradas necessárias para sua construção, as quais se enquadram na categoria de materiais e dados).



L: Lean Healthcare, S: Simulação a Eventos Discretos.

Figura 4.1 – Diagrama de Ishikawa para as causas de falhas em projetos de LHS

4.1.2. Exemplos de falhas em projetos de *Lean Healthcare Simulation*

A ocorrência das causas de falhas definidas na subseção anterior pode, de fato, levar a prejuízos significativos na condução e nos resultados dos projetos de LHS. Na presente subseção, serão apresentados dois projetos desenvolvidos com a participação do autor, os quais serão chamados de projetos A e B. Ambos os projetos apresentaram falhas, sendo que suas causas, assim como seus impactos, serão discutidas.

O projeto A está em andamento em um pronto atendimento de um grande hospital localizado no estado de São Paulo. Trata-se de um projeto de LHS definido, nesse hospital, como piloto. O principal objetivo é a identificação de oportunidades de melhoria que permitam a redução do tempo de permanência dos pacientes no pronto atendimento. O projeto está sendo conduzido por meio de uma parceria entre uma equipe externa, especialista em *Lean* e simulação, e a equipe do hospital.

O pronto atendimento em estudo, por si só, é um sistema complexo, com vários fluxos de pacientes. Porém, adicionalmente, a equipe agregou ao objetivo a ação de analisar as áreas de medicina diagnóstica, laboratório e instalações futuras. Com isso, o escopo do projeto foi significativamente aumentado. Por outro lado, não havia disponibilidade suficiente da equipe para conduzir um projeto dessa magnitude. Tal fato não foi identificado de imediato, pois a equipe do hospital ainda não havia participado de nenhum projeto de simulação, desconhecendo, portanto, sua dinâmica e exigências. Dessa forma, é possível identificar a ocorrência da causa de falha “objetivos mal definidos” (5ª causa de falha, em projetos de simulação).

A ocorrência dessa causa de falha levou a um atraso significativo na condução do projeto. Foram identificados nove fluxos internos ao pronto atendimento, cada um responsável por um tipo específico de paciente, relacionado à sua faixa etária e à sua condição de saúde. Devido à extensão do modelo conceitual elaborado e à confidencialidade dos dados, este não será apresentado. Diante de tal complexidade, para a modelagem dos dados de entrada, foi identificada a necessidade de coleta de dados sobre cerca de 30 atividades e 40 blocos de probabilidades (quando, a partir de um certo ponto do fluxo, o paciente possui diversas opções de roteamento, essas opções formam um bloco, com a soma de probabilidades igual a 100%). Uma parte desses dados não estava disponível e deveria ser coletada. Outra parte estava disponível no sistemas de informação do hospital,

mas, deveriam ser extraídas destes. Em ambos os casos, seria necessária a colaboração da equipe do hospital. O primeiro diagnóstico de necessidade de dados foi apresentado à equipe no dia 07 de abril de 2017. Porém, devido ao grande volume de dados necessários e à incompatibilidade entre a carga de trabalho exigida para o projeto e a disponibilidade da equipe do hospital, até a presente data, 08 de janeiro de 2018, os dados ainda não foram totalmente extraídos e coletados. Ou seja, a etapa de coleta de dados já dura nove meses, sendo que o planejamento do projeto previa a duração de apenas um mês para esta etapa. Além disso, outra causa de falha foi identificada nesse projeto. Durante sua execução, o pronto atendimento do hospital passou por diversas alterações, tanto de *layout* quanto de fluxo. Trata-se de um fator crítico, pois, como se deseja que o modelo computacional reflita adequadamente a realidade, alterações no processo podem implicar em retrabalhos ou até mesmo em reconduções de etapas do estudo. Logo, a realização de projetos de LHS nesse contexto indica a ocorrência da 1ª causa de falha, em projetos de simulação: “momento inoportuno”.

Mais uma vez, a ocorrência de uma causa de falha levou a prejuízos significativos. As alterações realizadas no processo e a complexidade deste demandaram a correção do modelo conceitual em 14 oportunidades. Essas correções, aliadas à incompatibilidade entre a carga de trabalho exigida para o projeto e a disponibilidade da equipe do hospital, causaram atrasos na conclusão da modelagem conceitual. A etapa teve início no dia 06 de fevereiro de 2017 e terminou no dia 14 de setembro do mesmo ano, ou seja, quase sete meses, sendo que o planejamento do projeto previa a duração de apenas quinze dias.

Devido aos problemas identificados, o projeto encontra-se significativamente atrasado: seu final fora planejado para o dia 05 de dezembro de 2017, porém, na presente data, 08 de janeiro de 2018, este ainda não foi concluído. Ainda estão pendentes a conclusão da etapa de modelagem dos dados de entrada e a realização das fases de implementação e análise. Assim, considerando-se os estágios de sucesso de um projeto de simulação, definidos por Robinson e Pidd (1998) e apresentados na Figura 2.3, este projeto não conseguiu atingir o primeiro estágio de sucesso: atingir os objetivos do estudo e/ou demonstrar benefícios.

Já o projeto B foi realizado no pronto atendimento de um hospital filantrópico localizado no estado de Minas Gerais. O pronto atendimento atende, anualmente, cerca de 30 mil pacientes, oriundos do município onde se encontra e de outros da região. De forma

semelhante ao Projeto A, este estudo foi conduzido por meio de uma parceria entre uma equipe externa, especialista em *Lean* e simulação, e a equipe do hospital.

Trata-se de um projeto de LHS facilitador (*SimLean Facilitate*), pois visa, em um primeiro momento, realizar apenas o diagnóstico do pronto atendimento, semelhante ao proposto por Baril *et al.* (2016) e Bhat, Gijo Jnanesh (2014). Assim, anseia-se identificar onde estão os problemas, onde as melhorias devem ser focadas.

O objetivo foi definido com a alta gestão do hospital: reduzir o tempo de espera do paciente no atendimento de urgência, garantindo seu atendimento dentro do tempo máximo determinado pelo protocolo de Manchester. Além disso, o escopo foi limitado ao funcionamento do pronto atendimento nos horários mais relevantes, de segunda à sexta, das 7 às 19 horas. Não são considerados os pacientes de emergência, mais graves, pois estes recebem prioridade máxima e já são atendidos de imediato, logo quando chegam ao pronto atendimento. Ou seja, esses pacientes possuem um fluxo próprio que merece ser estudado oportunamente com maior atenção.

Nesse projeto, houve a ocorrência das causas de falha “dados inadequados ou insuficientes” e “utilização de modelo computacional impróprio ou inválido” (8ª e 11ª causas de falha, em projetos de simulação, respectivamente).

Em relação aos dados de entrada o projeto falhou ao não verificar se os tamanhos das amostras estavam adequados. Foram identificadas três atividades principais realizadas no processo em estudo: registro, triagem e consulta. Portanto, fez-se necessário coletar os tempos de ciclo dessas atividades, além de outros dados, como o perfil dos pacientes (classificação de risco), padrão de chegada (tempo entre chegadas), e o tempo de duração das interrupções no atendimento (devido à realização de atividades indiretas). O sumário dos dados coletados encontra-se apresentado na Tabela 4.1, enquanto a Figura 4.2 apresenta o perfil dos pacientes, resultado da coleta de dados sobre 139 pacientes.

Tabela 4.1 – Sumário dos dados de entrada coletados

	Tamanho da amostra	Média	Mediana	Desvio padrão
Tempo entre chegadas	40	6,9 min	5,3 min	6,4 min
Registro	40	2,6 min	2,3 min	1,8 min
Triagem	135	2,7 min	2,5 min	1,5 min
Consulta	104	5,2 min	4,7 min	2,7 min
Interrupção da triagem	54	34,0 min	22,4 min	35,3 min
Interrupção da consulta	41	19,7 min	13,0 min	18,1 min

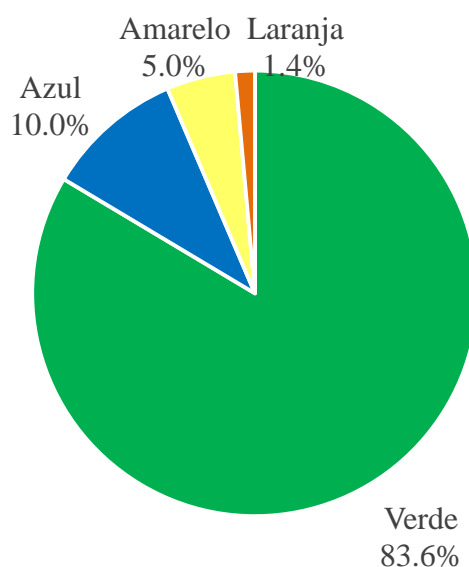


Figura 4.2 – Perfil dos pacientes considerados no projeto B

Entretanto, como demonstra a Tabela 4.2, os tamanhos amostrais necessários, para o tempo entre chegadas, registro, interrupção da triagem, interrupção da consulta e perfil dos pacientes foram significativamente menores do que o necessário (sua fórmula de cálculo será apresentada na subseção 4.2).

Tabela 4.2 – Tamanhos de amostras necessários e obtidos

	Margem de erro equivalente tolerável	Tamanho de amostra necessário	Tamanho de amostra obtido
Tempo entre chegadas	0.69 min	333	40
Registro	0.26 min	183	40
Triagem	0.27 min	116	135
Consulta	0.52 min	102	104
Interrupção da triagem	3,40 min	414	54
Interrupção da consulta	1,97 min	324	41
Perfil dos pacientes	5 pontos percentuais	269	139

Além disso, ainda em relação aos dados de entrada, o projeto falhou ao não realizar uma coleta de dados suficientemente abrangente. O tempo entre as chegadas foi coletado apenas em um dia, uma quarta-feira, das 10h às 15h. Considerando-se que a demanda do pronto atendimento pode variar conforme o horário, o dia da semana e o mês, como observado pelos participantes no projeto, seria mais adequado que a coleta fosse mais representativa, de modo a abranger tais sazonalidades.

Já em relação à utilização de modelo computacional impróprio ou inválido, o problema foi a utilização, para validação, de testes estatísticos com poder insuficiente. A validação do modelo computacional foi realizada para o tempo de permanência dos pacientes no pronto atendimento. O teste escolhido foi para duas médias (*2-sample t*) e a métrica foi considerada em seu menor nível, paciente por paciente. Enquanto foram extraídos dados de 13.790 tempos de permanência simulados, foram coletados apenas 16 tempos do sistema real, durante cinco dias de coleta. O sumário dos dados reais e simulados se encontra apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Sumário dos dados utilizados para validação do modelo computacional

	Tamanho da amostra	Média (min)	Mediana (min)	Desvio padrão (min)
Tempo de permanência no sistema real	16	104,9	105,0	44,9
Tempo de permanência no sistema simulado	13.790	113,4	84,7	100,0

O teste *2-sample t* resultou em um *p-value* de 0,464. Ao nível de confiança de 95%, isso significa que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que as médias real e simulada são iguais. Com isso, concluiu-se que não havia evidências para invalidar o modelo computacional. Entretanto, visando-se identificar uma diferença hipotética equivalente a 10% da média no sistema real (10,49 min), o poder do teste resultaria em somente 14,1%. Isso significa que, nessas condições, se o estudo fosse repetido diversas vezes, em somente 14,1% delas a diferença estipulada seria identificada.

A escolha do teste de hipótese também não foi adequada. Para a utilização do teste *2-sample t*, pressupõe-se que os dados são normalmente distribuídos, o que não era o caso dos dados simulados. A um nível de confiança de 95%, o teste de normalidade de Anderson-Darling identificou evidências suficientes para se rejeitar a hipótese nula de que os dados são normalmente distribuídos (*p-value* < 0,005). Por um lado, isso pode ter ocorrido devido ao considerável tamanho da amostra, o que eleva significativamente o poder do teste de normalidade, de modo que pequenos desvios de normalidade são identificados. Porém, por meio de um histograma, é possível visualizar graficamente que, de fato, os dados simulados não se adequam a uma distribuição normal, apresentando considerável assimetria (Figura 4.3). O teste *2-sample t* é considerado robusto quando da utilização de amostras suficientemente grandes. Entretanto, como o tamanho amostral obtido do sistema real é limitado, seria mais adequada a utilização de testes não paramétricos, como o teste Wilcoxon-Mann-Whitney.

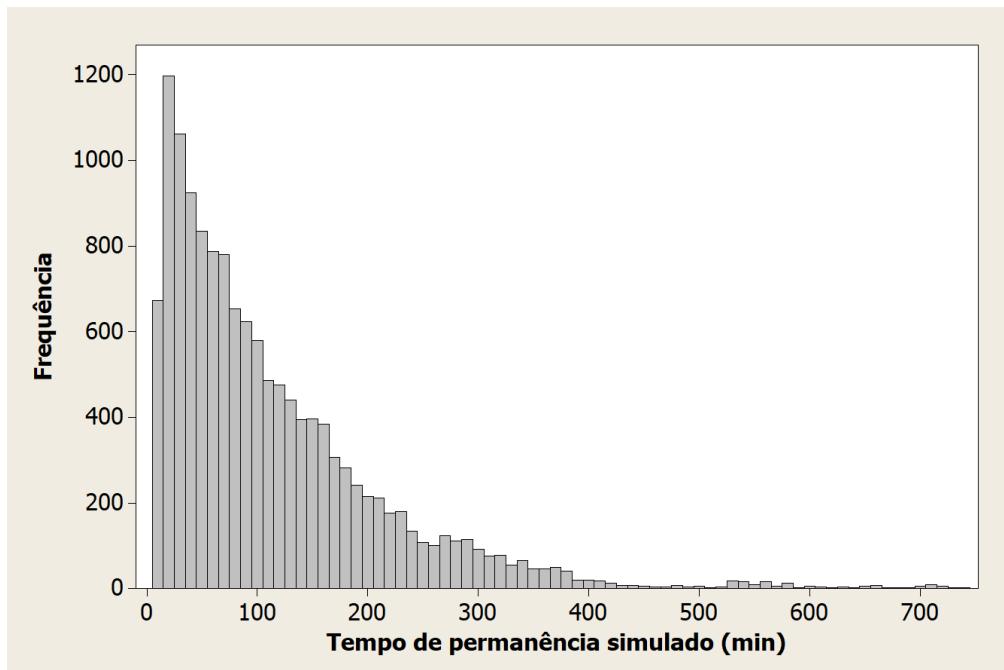


Figura 4.3 – Histograma do tempo de permanência simulado

Concluindo, com amostras de tamanhos insuficientes e abrangência excessivamente limitada, eleva-se o risco de os dados inseridos no modelo se distanciarem da realidade além do tolerado. Nesse sentido, um dos indícios de invalidade do modelo computacional é a grande diferença observada entre os desvios padrão dos sistemas real e simulado (Tabela 4.3). Por outro lado, utilizar testes com poder insuficiente para validação do modelo computacional reduz a chance de que essa diferença seja detectada. Logo, o efeito da combinação das duas causas de falhas pode ser pior do que seus efeitos individuais.

Tais problemas levaram ao insucesso do projeto no segundo estágio de sucesso de projetos de simulação, definido por Robinson e Pidd (1998) e apresentado na Figura 2.3: seus resultados não foram aceitos, apesar dos resultados das propostas de melhorias testadas terem sido, aparentemente, positivos, com significativas reduções no tempo de permanência dos pacientes, em seu desvio padrão e com um aumento na taxa de conformidade (Figura 4.4).

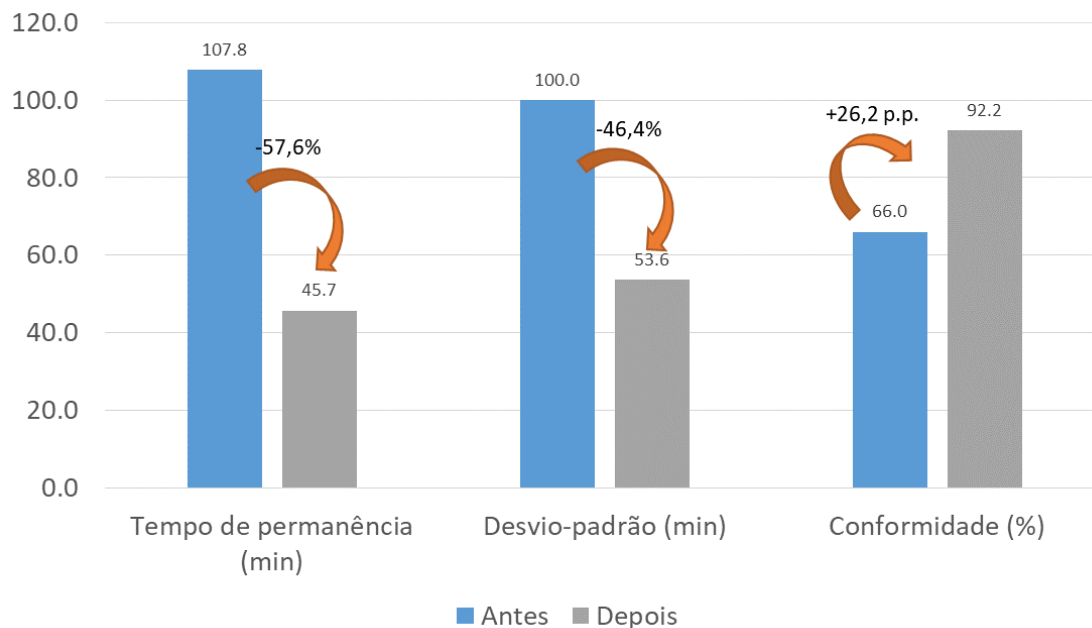


Figura 4.4 – Resultados obtidos com a implementação das propostas

É importante ressaltar que, em um primeiro momento, esse insucesso não foi detectado: os resultados foram apresentados à alta gestão da organização e foram aceitos. Porém, quando foram demonstrados aos membros que atuam diretamente no processo, estes afirmaram que as conclusões obtidas divergiam de suas experiências. Como previamente não foi identificada significativa resistência à mudança, é provável que a não aceitação esteja realmente relacionada a resultados irrealistas, oriundos de um modelo inválido.

Assim, é possível afirmar que, caso os resultados não tivessem sido apresentados aos membros que atuam diretamente no processo, as discrepâncias não teriam sido identificadas, levando à implementação de medidas inadequadas. Trata-se de uma potencial causa de falha que pode ser adicionada às demais discutidas na subseção 4.1.1.

4.1.3. Conclusões do diagnóstico

Os projetos A e B apresentaram causas de falhas que levaram a prejuízos significativos em suas conduções e resultados, o que demonstra a importância de se buscar evitar a ocorrência dessas causas. O projeto A falhou ao escolher objetivos não adequados à disponibilidade das equipes e ao definir um momento inoportuno para sua realização. Com isso, vem ultrapassando demasiadamente os prazos definidos em seu planejamento. Já o projeto B falhou ao utilizar dados insuficientes, em quantidade e abrangência, e ao utilizar testes para validação com poder insuficiente, levando à utilização de um modelo computacional impróprio para tomada de decisão. Ambos os projetos foram mal

sucedidos na busca pelos estágios de sucesso definidos por Robinson e Pidd (1998) e apresentados na Figura 2.3.

Por fim, destaca-se a identificação de uma causa de falha adicional às 22 causas apresentadas na subseção 4.1.1: a não apresentação dos resultados a pessoas que atuam diretamente no processo, com a finalidade de buscar sua aceitação. Com isso, foram reunidas 23 potenciais causas de falhas em projetos de LHS.

4.2. Planejar ações

A etapa de planejamento das ações tem como objetivo planejar o desenvolvimento do *checklist*, reunindo, por meio de uma revisão da literatura, as principais recomendações para a condução de projetos de LHS, que visem evitar a ocorrência das causas de falhas apresentadas na etapa de diagnóstico. Previamente, é importante destacar que não se dedicará a esgotar a definição de todas as recomendações, buscando, somente, identificar as principais delas. Além disso, não se visa afirmar que todas as recomendações devem ser adotadas em qualquer projeto de LHS. Isso dependerá da aplicabilidade de cada uma ao caso concreto em análise. A presente subseção reúne essas recomendações, as quais estão organizadas de acordo com as causas de falhas apresentadas.

- **Existência de silos profissionais e funcionais**

De acordo com Souza e Pidd (2011) e Graban (2016), essa causa pode ser combatida por meio da formação de equipes multidisciplinares, diversificadas e sem hierarquia (Recomendação 01). Não é recomendável que a implementação do *Lean* seja realizada somente por especialistas. Times de sucesso, tipicamente, aliam colaboradores experientes e novatos, do próprio departamento e também de fora dele. Assim, é possível quebrar silos, combinando perspectivas diferentes, nivelando o conhecimento dos membros da equipe e eliminando lacunas entre departamentos. A formação de equipes com essas características se torna ainda mais relevante na medida em que impacta positivamente o bem-estar dos envolvidos (GRANT; HALLAM, 2016; LONGONI; CAGLIANO, 2015; MARIN-GARCIA; BONAVIA, 2015).

- **Percepção incorreta sobre o *Lean***

Já a barreira de percepção incorreta sobre o *Lean*, caracterizada pela existência de mitos sobre a manufatura, pode ser combatida por meio da conscientização dos profissionais de saúde (Recomendação 02). Segundo Souza e Pidd (2011), é importante enfatizar que o

Lean foca a eliminação das atividades que não agregam valor, que, usualmente, não envolvem contato com o paciente. É necessário estar claro para os envolvidos o que é o *Lean*, o seu propósito e os seus benefícios.

- **Resistência à mudança e ceticismo**

Como afirmado anteriormente, Souza e Pidd (2011) constataam que essa barreira está mais relacionada ao fato de mudanças serem exigidas do que com uma oposição ao *Lean*. Para Macri, Tagliaventi e Bertolotti (2002), em um contexto mais amplo, essa resistência poderia ser quebrada por meio de uma imagem positiva da mudança. Nesse sentido, evidencia-se um dos benefícios da integração LHS: com a utilização da simulação, os impactos positivos da implementação podem ser demonstrados antecipadamente aos envolvidos (LAW, 2014).

Entretanto, Wackerbarth, Strawser-Srinath e Conigliaro (2015) ressaltam que essa imagem positiva deveria ser demonstrada em um formato de fácil entendimento. Logo, a forma de construção e apresentação do modelo computacional pode ganhar relevância para o convencimento dos envolvidos e para reduzir suas resistências às mudanças.

Nesse sentido, Akpan e Brooks (2014) ressaltam a importância dos aspectos visuais de modelos computacionais utilizados na SED, contribuindo para que clientes, operadores e outros usuários entendam melhor o sistema representado e a metodologia de simulação. Igualmente, Chwif, Pereira e Montevechi (2016) demonstram que modelos com bons visuais gráficos têm maior preferência dos usuários. Assim, a utilização de gráficos e animações que se aproximem da realidade pode auxiliar a reduzir a resistência à mudança (Recomendação 03).

- **Terminologia desconhecida e Falta de habilidades pessoais e profissionais**

Segundo Wackerbarth, Strawser-Srinath e Conigliaro (2015) e Souza e Pidd (2011), o desconhecimento sobre a terminologia e a falta de habilidades necessárias para o desenvolvimento de projetos de LHS podem ser evitados por meio de treinamentos e da tradução dos conceitos do *Lean* para a área de serviços de saúde (Recomendação 04). Quando comparados a outros fatores, como autonomia e nível de informação sobre custos, produtividade, qualidade e performance, os treinamentos apresentam a relação mais forte com o envolvimento da equipe em projetos de *Lean* (MARIN-GARCIA; BONAVIA, 2015).

Nesse aspecto, como afirmando anteriormente, segundo Robinson *et al.* (2012), a SED proporciona benefícios, pois pode ser utilizada para ensinar os princípios do *Lean*, demonstrando-os em modelos que representam o funcionamento de serviços de saúde.

- **Medidas de performance inadequadas**

De acordo com Souza e Pidd (2011), a definição de medidas de performance adequadas ao problema definido, que sejam de fácil compreensão e mensuração e que não causem efeitos colaterais é facilitada com a formação de equipes multidisciplinares, diversificadas, sem hierarquia, conscientizadas e treinadas. Ou seja, as recomendações 01, 02 e 04.

- **Impulso organizacional insuficiente, Hierarquia e gestão e Suporte insuficiente**

Já as barreiras de impulso organizacional insuficiente, hierarquia e gestão e suporte insuficiente demandam o comprometimento da alta gestão (Recomendação 05). Assim, o impulso organizacional para o desenvolvimento de cultura e estratégia *Lean* tende a se tornar mais forte e perene, ao mesmo tempo em que a forte estrutura hierárquica pode dar lugar a equipes com maior autonomia e o apoio necessário para o desenvolvimento dos projetos de melhoria pode ser garantido (GRABAN, 2016).

- **Não foco na eliminação de desperdícios**

Como afirmado anteriormente, “a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício” (OHNO, 1997, p. 25). Logo, o foco dos projetos de LHS deve ser estabelecido de forma a concentrar os esforços na eliminação de desperdícios (Recomendação 06). Em outras palavras, a melhoria dos resultados por meio da adição de recursos, tais como colaboradores e equipamentos, deve ser buscada somente após a realização de esforços para redução ou eliminação dos desperdícios.

Para que técnicas e conceitos do *Lean* sejam considerados e a adição de recursos seja evitada, pode-se optar pela utilização de um procedimento de análise de sensibilidade *Lean*. Tal procedimento permite identificar os parâmetros mais importantes a serem considerados, relacionados às imperfeições no sistema cujas resoluções mais impactarão os seus resultados. E, com a identificação dessas imperfeições, técnicas e conceitos do *Lean* específicos para o problema identificado podem ser sugeridos e adotados. A análise

de sensibilidade pode avaliar o impacto da alteração de diversos pseudoparâmetros do processo em seus resultados, tais como:

- Distâncias entre locais;
- Tempos de ciclo das atividades diretas, indiretas e de *setup*;
- Taxas de retrabalho ou falhas;
- Variabilidade dos tempos de ciclo.

A utilização do termo “pseudoparâmetro” foi escolhida, aqui, para evidenciar que não necessariamente se deseja controlar ou alterar essas variáveis de forma direta no sistema real. Por exemplo, comumente, não é possível alterar diretamente tempos de ciclo e, sob a ótica do *Lean*, não se deseja pressionar os colaboradores para que realizem atividades que agregam valor de forma mais rápida. Mas, caso se identifique, na análise de sensibilidade, que alterações em um tempo de ciclo são significativas para os resultados do sistema, é possível abordar a respectiva atividade com maior nível de detalhamento, discutindo ações como a eliminação de seus desperdícios internos e a sua padronização. Assim, indiretamente e em consonância com os conceitos do *Lean*, o tempo de ciclo será reduzido e os resultados do sistema melhorados. Quando a quantidade de pseudoparâmetros considerados não é elevada, a análise de sensibilidade pode ser realizada por meio de experimentos planejados, como arranjos fatoriais completos ou fracionados. Caso contrário, outras estratégias podem ser utilizadas, como arranjos de Plackett-Burman (MONTGOMERY, 2012) ou o método de bifurcação sequencial (SHI; KLEIJNEN, 2018; SHI; KLEIJNEN; LIU, 2014).

Em posse dos resultados da análise de sensibilidade, é preciso interpretá-los, indicando caminhos para que as possíveis imperfeições identificadas sejam corrigidas de acordo com o *Lean*. Essa conexão entre os resultados da análise de sensibilidade e as potenciais ferramentas e conceitos do *Lean*, de acordo com as características do problema, pode ser realizada por meio de diretrizes para a interpretação da análise de sensibilidade. A seguir, essas diretrizes são definidas, de acordo com o tipo de pseudoparâmetro que venha a ser identificado como significativo.

Em situações em que uma ou mais distâncias entre locais sejam identificadas como significativas, a primeira ação que pode se pensar é a alteração do *layout* do sistema. Entretanto, é preciso ir além. O impacto do deslocamento pode, sim, estar relacionado à distância entre os locais. Mas, pode, também, estar relacionado à frequência de ocorrência

de causas de deslocamento. É desejável que, antes de realizar alterações no *layout*, as razões para o deslocamento sejam eliminadas, caso estas sejam desperdícios, especialmente, quando alterações no *layout* forem custosas. Em alguns *softwares*, pode ser difícil a realização de muitos experimentos com alterações de *layout*. Nesses casos, pode ser útil a definição da velocidade das entidades como pseudoparâmetro. Assim, evita-se a alteração do *layout*. Caso o aumento de velocidade do paciente seja significativo, da mesma forma, distâncias ou causas de deslocamentos podem ser avaliadas com maior atenção. O Quadro 4.1 apresenta alguns exemplos de causas de deslocamentos e conceitos e ferramentas *Lean* potencialmente aplicáveis. Por fim, caso seja desejável ou necessário, pode-se partir para alterações no *layout*, reduzindo-se a distância identificada como significativa, reorganizando o *layout* como um todo ou implementando arranjos celulares, caso aplicáveis.

Quadro 4.1 – Exemplos de causas de deslocamentos e ações *Lean* aplicáveis

Exemplos	Conceitos e ferramentas <i>Lean</i>
Movimentação devido à falta de materiais necessários para as atividades, à desorganização no ambiente de trabalho e à distribuição ineficiente de colaboradores e recursos.	5S, <i>Kanbans</i> , balanceamento
Falhas (defeitos) na execução de exames, cadastros, ou, até mesmo, sua não realização. Podem exigir que o paciente se desloque (novamente) para sua realização.	<i>Poka-Yoke</i>
Falhas (defeitos) em equipamentos, exigindo que outros sejam buscados ou que o paciente se desloque a outros departamentos.	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)
Movimentação para realização de atividades que não agregam valor sob a perspectiva do paciente (superprocessamento), como o preenchimento de documentos desnecessários.	Classificação de atividades quanto à agregação de valor e eliminação daquelas que não agregam valor.

Já em relação aos tempos de ciclo das atividades diretas, indiretas e de *setup*, como já afirmado, comumente, não é possível alterá-los diretamente e, sob a ótica do *Lean*, não

se deseja pressionar os colaboradores para que realizem atividades que agregam valor de forma mais rápida. Portanto, quando um tempo de ciclo for identificado como significativo, é preciso aprofundar o estudo em relação à respectiva atividade. O primeiro passo deve ser a investigação quanto a possíveis desperdícios internos às atividades com tempos de ciclo significativos. Em um segundo momento, caso necessário, pode-se avançar para a redistribuição de atividades e subatividades, visando obter condições mais adequadas de balanceamento. Em ambos os casos, os tempos de ciclo das atividades significativas seriam reduzidos.

Caso o modelo computacional seja detalhado de modo a abordar tempos de *setup* e esses tempos forem significativos, é possível buscar reduzi-los e racionalizá-los por meio da técnica de *Single Minute Exchange of Die* (SMED), que consiste na busca pela realização de *setups* em tempos inferiores a dez minutos.

Já nos casos em que taxas de retrabalho ou falhas forem significativas, naturalmente, deve-se buscar eliminar as causas desses problemas. A equipe pode utilizar diagramas de Ishikawa para avaliar, de forma mais abrangente, causas relacionadas a métodos, medição, mão de obra, materiais, meio ambiente e máquinas. Caso seja necessário maior aprofundamento na análise das causas, é recomendável agregar outras técnicas como a *Failure Tree Analysis* (FTA) e a *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Quando as causas de falhas são identificadas, dispositivos *Poka-Yoke*, *Andons* e o TPM são soluções do *Lean* que podem ser avaliadas pela equipe.

Por fim, quando significativa, a variabilidade dos tempos de ciclo, de interrupção ou de *setup* pode estar relacionada a irregularidades na realização das atividades. Essas irregularidades podem ser causadas, por exemplo, por falhas e retrabalhos, pela desorganização do ambiente de trabalho, pela falta de materiais e equipamentos necessários e pela falta de padronização.

Além disso, a variabilidade nos tempos de interrupção pode estar associada à forma como as atividades indiretas estão distribuídas durante o período de trabalho. Quando essas atividades são distribuídas de forma irregular, os tempos de duração podem apresentar variabilidade significativa, com eventuais longas interrupções. O Quadro 4.2 apresenta alguns exemplos de causas de variabilidade e conceitos e ferramentas *Lean* potencialmente aplicáveis.

Quadro 4.2 – Exemplos de causas de variabilidade e ações *Lean* aplicáveis

Exemplos	Conceitos e ferramentas <i>Lean</i>
Falhas e retrabalhos nas atividades diretas ou indiretas e no <i>setup</i> .	Trabalho padronizado, <i>Poka-Yoke</i> , TPM, SMED
Desorganização do ambiente de trabalho, falta de materiais e equipamentos necessários.	5S, <i>Kanbans</i>
Irregularidade devido à falta de padronização das atividades.	Padronização
Irregularidade na distribuição de atividades indiretas durante o período de trabalho.	<i>Heijunka</i>

- **Momento inoportuno**

Segundo Banks (1998), o desenvolvimento de projetos de simulação em momentos inoportunos pode acontecer em duas situações. A primeira delas quando, em condições normais de desenvolvimento do projeto, não há tempo hábil de modo que os resultados estejam prontos antes da tomada de decisão. Já a segunda, quando o desenvolvimento demora mais tempo do que o esperado. Em ambos os casos, é importante que, antes do desenvolvimento do projeto e durante a sua realização, a equipe discuta se ainda há tempo suficiente (Recomendação 07). Essa avaliação deve ser realizada ao longo do projeto, pois, à medida em que as etapas são concluídas, eventuais dificuldades poderão se tornar claras. Por exemplo, com a modelagem conceitual, a equipe pode identificar que muitos dados não estão disponíveis e deverão ser coletados, inviabilizando, ocasionalmente, o estudo.

Como uma parte da equipe geralmente desconhece a dinâmica de projetos de LHS, é de responsabilidade do especialista levantar a discussão quanto ao tempo e ao esforço necessários, evitando o excesso de entusiasmo que, de acordo com Williams e Ulgen (2012) e Banks (1998), é comum no início de projetos de simulação.

- **Falta de participação do usuário final**

Como afirmado anteriormente, dois estágios de sucesso de projetos de simulação definidos por Robinson e Pidd (1998) são a aceitação dos resultados do estudo e a sua implementação. Ambos envolvem o usuário final, que precisa aceitar e implementar os

resultados. Segundo Annino e Russell (1979), o usuário final deve participar do início ao final do projeto, de modo a ter confiança e conhecimento necessários para a tomada de decisão. A recomendação 01, de formar equipes multidisciplinares, diversificadas e sem hierarquia, pode, portanto, auxiliar a superar essa barreira.

- **Objetivos mal definidos**

Segundo Banks (1998), a definição dos objetivos constitui a mais importante etapa em projetos de simulação, guiando todas as demais. Quando os objetivos estão obscuros, os projetos dificilmente têm sucesso. Portanto, ainda segundo o autor, é preciso identificar, junto ao cliente, objetivos precisos, razoáveis, compreensíveis e mensuráveis (Recomendação 08).

Na área de serviços de saúde, um dos objetivos que têm recebido cada vez maior importância é a melhoria na qualidade de conformidade do atendimento. Hospitais e sistemas de saúde continuam a produzir serviços que não atendem às necessidades dos clientes, resultando em insatisfação e outras saídas ineficientes (WOODARD, 2005).

É recomendável ter como um dos objetivos a melhoria na qualidade de conformidade (Recomendação 09), pois isso significa que serão buscadas a redução sistemática de variabilidade e a eliminação de defeitos, até que cada unidade produzida, de produto ou serviço, seja idêntica e livre de defeitos (MONTGOMERY; RUNGER, 2013).

Um dos exemplos de qualidade de conformidade na área de serviços de saúde é o tempo até o primeiro contato com o médico em pronto atendimentos. Quando a demanda supera a capacidade do pronto atendimento, os pacientes são classificados por meio de um sistema de triagem, de modo a serem atendidos em tempos adequados às suas condições (MACKWAY-JONES; MARSDEN; WINDLE, 2006). Para tanto, os pacientes recebem uma classificação de risco, frequentemente representada por meio de cores, que está atrelada ao tempo máximo recomendado até o primeiro contato com o médico (CHRIST *et al.*, 2010). O Quadro 4.3 apresenta alguns dos principais protocolos utilizados para classificação de risco de pacientes em pronto atendimentos, seus tempos máximos recomendados até a triagem e até o primeiro contato com o médico (por classe de paciente: I, II, III e, dependendo do protocolo, IV e V), além de índices de conformidade recomendados.

Quadro 4.3 – Principais protocolos para triagem existentes

	ATS	MTS	CTAS	ESI
Tempo até a avaliação inicial (triagem)	10 min	Não especificado	Não especificado	Não especificado
Tempo até o primeiro contato com o médico	I: Imediato II: 10 min III: 30 min IV: 60 min V: 120 min	I: Imediato II: 10 min III: 60 min IV: 120 min V: 240 min	I: Imediato II: 15 min III: 30 min IV: 60 min V: 120 min	I: Imediato II: 10 min III: Não especificado
Índice de conformidade	I: 97,5% II: 95,0% III: 90,0% IV: 90,0% V: 85,0%	Não especificado	I: 98,0% II: 95,0% III: 90,0% IV: 85,0% V: 80,0%	Não especificado

ATS: *Australasian Triage Scale*, MTS: *Manchester Triage Scale*, CTAS: *Canadian Triage and Acuity Scale*, ESI: *Emergency Severity Index*.

Fonte: adaptado de Christ *et al.* (2010).

- **Modelo conceitual não validado**

Apesar de Chwif *et al.* (2013) não identificarem na literatura estudos que comprovem que a modelagem conceitual é um fator de sucesso em projetos de simulação, os autores, com base em suas experiências práticas, afirmam que a presença de uma boa modelagem conceitual é necessária para um projeto de simulação ser bem-sucedido, opinião também compartilhada por Robinson *et al.* (2011).

Quando inválido, o modelo conceitual pode impactar negativamente vários aspectos do estudo, especialmente, as velocidades de coleta de dados, de modelagem computacional e de experimentação, além da confiabilidade dos resultados (ROBINSON *et al.*, 2011). Diante disso, torna-se importante a avaliação da validade do modelo conceitual (Recomendação 10). Williams e Ulgen (2012) complementam essa recomendação ao afirmarem que é preciso que a equipe participe da construção e da validação do modelo conceitual e não somente o especialista. O risco de utilização de modelos conceituais inválidos, segundo os autores, pode ser significativamente reduzido por meio da participação dos envolvidos.

- **Dados inadequados ou insuficientes**

Banks (1998) afirma que dados de qualidade são criticamente importantes para projetos de simulação. Se os dados apresentam erros e inconsistências, os resultados podem ser comprometidos. Portanto, os dados devem ser sempre questionados, avaliando se fazem sentido, se estão apropriadamente detalhados e se não estão enviesados.

Os dados necessários podem estar disponíveis em sistemas corporativos de informação, como o *Enterprise Resource Planning* (ERP), ou em outros arquivos, como aqueles referentes a projetos anteriores (SKOOGH; PERERA; JOHANSSON, 2012). Entretanto, nesses casos, é necessário avaliar se as fontes de dados são confiáveis, pois estes podem ter sido coletados de forma inadequada ou, ainda, estar desatualizados (PAIVA, 2010).

Se os dados não estiverem disponíveis, mas sua coleta for possível, é necessário escolher métodos confiáveis para sua realização. Uma das possibilidades é a cronoanálise por meio de observação presencial. Entretanto, esse método é limitado pela presença intrusiva do cronoanalista, o que pode influenciar, consciente ou inconscientemente, o comportamento dos observados (BURES; PIVODOVA, 2015; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). Visando mitigar esse efeito, Torres (2017) utiliza filmagens para a realização de cronoanálise.

Nota-se, portanto, que, estando os dados disponíveis ou não, é recomendável a utilização de fontes e métodos confiáveis para sua coleta (Recomendação 11). Além disso, complementando essa recomendação, a quantidade de dados coletados deve ser suficiente (BANKS, 1998). Uma das formas de se definir a quantidade de dados necessários para estimação de médias é a Equação (4.1), proposta por Moreira (2008).

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \cdot S}{E} \right)^2 \quad (4.1)$$

Onde: n = tamanho da amostra

$z_{\alpha/2}$ = número de desvios padrão da normal padronizada correspondente ao grau de confiança estabelecido

s = desvio padrão amostral

E = erro absoluto tolerável

Para que os dados sejam adequados, outro cuidado deve ser adotado: a consideração de fatores que venham a conferir ao processo características de não estacionariedade, como

o ritmo circadiano (BAINES *et al.*, 2004), a fadiga (PAIVA, 2010; VILELA, 2015) e a sazonalidade da demanda, especialmente em serviços de saúde (DEHGHANI *et al.*, 2017). Dessa forma, caso esses fatores não estacionários sejam significativos, a coleta de dados deve ser realizada de forma a abrangê-los (Recomendação 12), por exemplo, com a coleta em vários momentos da jornada de trabalho ou períodos do ano. Do contrário, os resultados poderão ser consideravelmente limitados às características do período de coleta de dados (BANKS, 1998).

Por fim, segundo Baril *et al.* (2017), para a coleta de dados em projetos de simulação em serviços de saúde, é importante considerar atividades indiretas realizadas pelos recursos (Recomendação 13). Após realizar uma atividade de cuidado direto (tratamento), como limpar ferimentos e checar sinais vitais, o colaborador não necessariamente realiza outra atividade direta. Na realidade, muitas vezes, o tratamento é até mesmo interrompido por atividades indiretas, como preencher fichas, conversar com acompanhantes e buscar materiais.

Ainda segundo o autor, essas características fazem da simulação em serviços de saúde mais complexa. Omitir atividades indiretas pode distorcer taxas de ocupação dos recursos e o tempo de permanência dos pacientes. De acordo com Bowers, Ghattas e Mould (2012), considerar atividades indiretas realizadas pelos recursos permite desenvolver modelos que representam realmente o comportamento do sistema e que apresentam de forma mais aproximada a real experiência dos recursos. Assim, segundo os autores, os colaboradores podem se tornar mais propensos a aceitar as propostas definidas.

Baril *et al.* (2017) propõem a utilização de amostragem de trabalho para definir a frequência e a duração de atividades indiretas, pois permite estimar a proporção de tempo utilizado com essas atividades. Em cada observação do recurso em análise, registra-se a natureza da atividade realizada (direta ou indireta) e o horário da coleta. Então, são calculados os Tempos até Atividade Indireta (TAI). A Figura 4.5 exemplifica esse cálculo. Três atividades indiretas são registradas no período de observação. A primeira delas ocorre no momento 15 minutos. Como a atividade anterior, independentemente de sua natureza, ocorreu no instante 10 minutos, o TAI será de 5 minutos ($15 - 10$). Analogamente, o TAI das demais atividades indiretas será de 10 e 5 minutos, respectivamente.

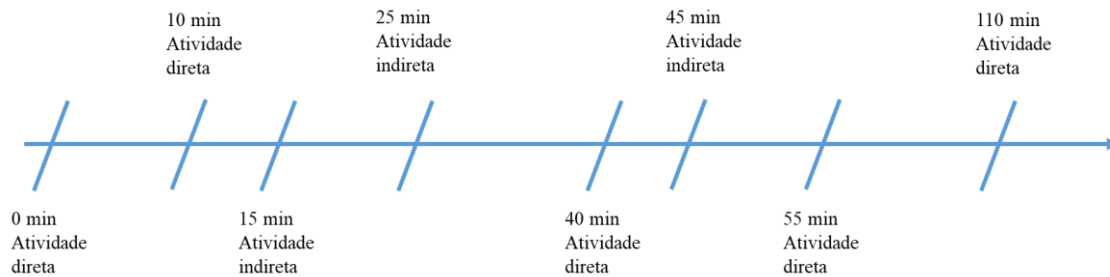


Figura 4.5 – Exemplo de amostragem de trabalho para definição de tempos até atividades indiretas

Ao final da amostragem de trabalho, calcula-se o Tempo Médio até Atividades Indiretas (TMAI). Assim, o número de ocorrências de atividades indiretas no modelo computacional pode ser estimado por meio da divisão da duração do turno pelo TMAI. Já a duração de cada ocorrência pode ser estabelecida por meio da identificação da distribuição de probabilidade que represente adequadamente os TAI calculados.

- **Utilização de software inadequado**

Segundo Banks (1998), a escolha do *software* de simulação pode levar em consideração mais de 30 aspectos diferentes, relacionados aos custos, às características de entrada, processamento e saída dos dados e ao ambiente de desenvolvimento do *software*. Segundo os autores, é recomendável avaliar referências que citem pontos fortes e fracos do *software* considerado, buscar a opinião de consultores e organizações que o utilizam e avaliar se o *software* já foi empregado para solução de problemas semelhantes (Recomendação 14).

Há diversas opções de *softwares* disponíveis, tanto comerciais quanto gratuitos e de código aberto. Por exemplo, Dagkakis e Heavey (2016) reúnem 44 *softwares* de código aberto que podem ser utilizados para SED, dentre eles o brasileiro URURAU.

- **Falta de habilidades para modelagem**

Segundo Banks (1998), é necessária a participação de pelo menos um modelador experiente, que seja capaz de entender o problema, escolher o nível de detalhe adequado, realizar a modelagem computacional, dentre outras habilidades (Recomendação 15). Se ele não estiver disponível, pode ser mais adequado e menos arriscado buscar ajuda externa.

- **Utilização de modelo computacional impróprio ou inválido**

Modelos computacionais impróprios ou inválidos são aqueles que não refletem os modelos conceituais desenvolvidos e/ou se distanciam excessivamente dos sistemas reais. Esses problemas podem ser evitados com a adoção de algumas das recomendações já definidas, como as relacionadas à coleta de dados. Entretanto, vindo a ocorrer, é necessário que os problemas no modelo computacional sejam apropriadamente identificados, o que pode ser feito por meio da verificação e da validação do modelo computacional.

Segundo Goldsman, Yaacoub e Sargent (2017), a verificação do modelo computacional pode ser definida como a ação que visa assegurar que a implementação do modelo conceitual em um modelo computacional foi feita de forma adequada. Banks (1998) recomenda que essa verificação seja feita de forma contínua, revelando, a tempo, possíveis deficiências (Recomendação 16).

Já a validação do modelo computacional é definida por Banks (1998) como o processo de provar que o modelo se comporta com precisão satisfatória, consistente com os objetivos do projeto, dentro dos limites de sua aplicabilidade. Segundo Goldsman, Yaacoub e Sargent (2017), o principal aspecto que afeta a estratégia de validação do modelo computacional é a possibilidade de se observar e obter as saídas do sistema real. O Quadro 4.4 demonstra diferentes estratégias de acordo com essa limitação, separando-as de acordo com sua abordagem, subjetiva ou objetiva.

Quadro 4.4 – Estratégias para validação de modelos computacionais

Abordagem	Sistema observável	Sistema não observável
Subjetiva	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação utilizando gráficos; • Exploração do comportamento do modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação gráfica com o comportamento de outros modelos; • Exploração do comportamento do modelo.
Objetiva	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação utilizando testes estatísticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação com outros modelos usando testes estatísticos.

Fonte: adaptado de Goldsman, Yaacoub e Sargent (2017)

Como é possível observar, a validação de modelos computacionais pode ser realizada de duas formas: comparação e exploração. Segundo Goldsman, Yaacoub e Sargent (2017), comparar significa confrontar as saídas do modelo computacional com a saída do sistema ou de outro modelo computacional, utilizando, para tanto, gráficos e/ou testes estatísticos. Já explorar significa avaliar as saídas do modelo computacional utilizando técnicas de validação como análise de sensibilidade.

Entretanto, ainda segundo Goldsman, Yaacoub e Sargent (2017), somente por meio de comparações entre as saídas do modelo e do sistema real é possível obter um alto grau de confiança nos resultados da simulação. Apenas nos casos em que não é possível observar o sistema real e obter dados de suas saídas é que se deveria partir para a comparação com outros modelos válidos e para técnicas de exploração.

Goldsman, Yaacoub e Sargent (2017) aprofundam a descrição sobre as técnicas de comparação, recomendando (1) o uso de gráficos para tomar decisões subjetivas; (2) o uso de intervalos de confiança para tomar decisões objetivas; e (3) o uso de testes de hipótese para tomar, também, decisões objetivas. Os autores indicam claramente que o uso das comparações estatísticas (2) e (3) é preferível, pois permite que sejam tomadas decisões objetivas. Diante do exposto, é recomendável que, sempre que possível, a validação do modelo computacional seja feita por meio de testes estatísticos adequados (Recomendação 17). Entretanto, dentre outras preocupações, deve-se tomar cuidado com a adequação dos dados aos pressupostos estatísticos dos testes utilizados, assim como seu poder.

O poder do teste está relacionado ao chamado erro do tipo II, ou β . Trata-se do risco de se aceitar uma hipótese nula, a qual, entretanto, é falsa e deveria ser rejeitada. Em se tratando de testes para a validação, a hipótese nula comumente significa a validade do modelo. Por outro lado, a hipótese alternativa significa que o modelo não é válido, que se distancia mais do que a tolerância definida no projeto. Assim, quando ocorre um erro do tipo II, valida-se um modelo que na realidade é inválido, um erro grave que deve ser evitado. Relacionado a esse erro, o poder do teste é a probabilidade de se rejeitar o modelo quando ele, de fato, não é válido. Assim, a soma entre o erro tipo II e o poder do teste é igual a 100% (GOLDSMAN; YAACOUB; SARGENT, 2017). Logo, para evitar a ocorrência de erros do tipo II, é importante adotar testes estatísticos com poder adequado

(complemento à Recomendação 17), sendo que é possível encontrar, na literatura, recomendações de poder do teste de no mínimo 80% ou 90% (BANERJEE *et al.*, 2009).

Para melhorar o poder de um teste, um dos principais fatores que podem ser considerados é o tamanho amostral. De forma geral, quanto maior o tamanho de amostra, maior a evidência que se possui para se identificar uma diferença, entre as saídas do modelo e do sistema real, que seja maior do que a tolerância definida no projeto (GOLDSMAN; YAACOUB; SARGENT, 2017; MONTGOMERY; RUNGER, 2013).

Por fim, é importante considerar que, para a validação do modelo computacional, geralmente é necessário que sejam especificadas tolerâncias para as variáveis de interesse, ou seja, o intervalo que representa a precisão desejada para o modelo (SARGENT, 2013). Com a finalidade de considerar essa tolerância no teste de hipóteses, Sargent (2015) e Sargent, Goldman e Yaacoub (2016) propõem o método de validação a partir de um intervalo estatístico. O método proposto constitui em uma adaptação do teste *2-sample t*, comumente utilizado para a comparação das médias de dois grupos, de modo que a hipótese nula não signifique que os dois grupos são idênticos, mas, que se distanciam no máximo até a tolerância estipulada.

- **Interpretação incorreta dos resultados**

Usualmente, em projetos de SED, são realizados experimentos nos modelos computacionais desenvolvidos. Seus resultados são, então, interpretados. Experimentos são testes ou séries de testes em que são alterados parâmetros de um processo ou sistema, também conhecidos como fatores ou variáveis de entrada. Assim, objetiva-se identificar mudanças na resposta avaliada (ou variável de saída) e as razões que as explicam. Ou seja, experimentos são utilizados com a finalidade de identificar relações de causa e efeito, compreendendo melhor processos e sistemas (MONTGOMERY, 2012).

Na área de SED, experimentos podem ser utilizados basicamente em duas situações. A primeira, quando se faz necessário realizar uma varredura dos diversos parâmetros que um processo venha a ter, identificado quais realmente são importantes. Já a segunda, quando se deseja otimizar o processo em análise (BANKS, 1998), determinando a configuração dos parâmetros que faça com que as respostas se aproximem de valores desejados e/ou que apresentem a menor variabilidade (MONTGOMERY, 2012).

Há várias estratégias para a definição dos experimentos, mas, nem sempre estas são adequadas. Quando isso ocorre, a interpretação dos resultados pode ser equivocada.

Montgomery (2012) cita, por exemplo, as estratégias de “melhor palpite” e “um fator por vez”. A primeira ocorre quando o especialista opta por alterar os parâmetros seguindo sua intuição e conhecimentos sobre o processo, até identificar uma solução que o agrada. Entretanto, essa estratégia não garante que se chegue ao melhor resultado, pois existe o risco de o especialista realizar sucessivamente experimentos que não apresentem bons resultados, mesmo sendo estes seus “melhores palpites”. Outra possibilidade é de o especialista encerrar os experimentos ao se satisfazer com um resultado que considere adequado, mas, que ainda poderia ser melhorado.

Já a segunda estratégia, de “um fator por vez”, é caracterizada pela alteração de somente um parâmetro por experimento, mantendo os demais inalterados. O maior problema dessa estratégia é a não consideração de quaisquer interações entre os fatores, as quais muitas vezes existem.

Segundo Montgomery (2012), a estratégia correta para lidar com vários fatores é a utilização de técnicas adequadas para planejamento dos experimentos, como os experimentos fatoriais, Taguchi e Plackett-Burman (Recomendação 18). Nesse caso, os fatores são alterados conjuntamente, o que permite considerar possíveis interações. Além disso, geralmente, requer um menor número de experimentos do que a estratégia de “melhor palpite”. Segundo Banks (1998), com algumas adaptações nos arranjos fatoriais, é possível avaliar, além dos efeitos individuais dos parâmetros e de suas interações, os efeitos quadráticos.

Após a realização dos experimentos, é necessário interpretar os seus resultados. É preciso considerar que, como, normalmente, uma parte dos dados utilizados em projetos de simulação é de natureza aleatória, assim também costumam ser as suas saídas. Logo, segundo Banks (1998), se faz necessária a utilização de testes estatísticos adequados para avaliar o resultado dos experimentos (Recomendação 19).

- **Comunicação pobre**

Segundo Williams e Ulgen (2012), quando continuamente e adequadamente documentado, o modelo de simulação pode e deve se tornar um “documento vivo”, evoluindo juntamente com o sistema simulado. Quando isso não é feito, informações importantes sobre o projeto não são comunicadas ou são perdidas, o que, com o passar do tempo, pode eliminar a utilidade do modelo desenvolvido.

Assim, é necessário manter a documentação do projeto atualizada, contendo, por exemplo, seu escopo, suposições feitas, métodos de coleta de dados e comentários sobre a programação e funcionamento do modelo computacional (Recomendação 20).

- **Mudanças organizacionais**

A recomendação 07, de se avaliar continuamente se o momento é oportuno, pode auxiliar a evitar que projetos sejam desenvolvidos em momentos críticos de mudanças organizacionais. Entretanto, muitas vezes essas mudanças não são previstas no início do projeto. Nessas situações, concluí-lo de forma assertiva e em um tempo menor pode reduzir a chance de ocorrência de mudanças organizacionais durante o desenvolvimento do estudo. Muitas das recomendações já citadas colaboram para evitar que falhas e retrabalhos aconteçam, auxiliando, portanto, para que o projeto seja concluído com sucesso e em prazo adequado.

- **Planejamento de projeto não realizado ou inadequado**

Segundo Pereira (2017), poucos estudos se dedicam a discutir o gerenciamento de projetos de simulação. A autora considera que a utilização de técnicas para gerenciamento desses projetos é oportuna, visto que projetos de simulação muitas vezes são complexos e grandes. Com isso, Pereira (2017) propõe a utilização do guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK®) em projetos de SED, o que apresentou resultados positivos. Entretanto, de modo a manter as recomendações relativamente flexíveis, sugere-se, de uma forma geral, que seja feito o planejamento do projeto (Recomendação 21).

- **Não apresentação dos resultados a pessoas que atuam diretamente no processo, com a finalidade de buscar sua aceitação**

Trata-se da causa de falha identificada com a execução do projeto B, apresentado na subseção 4.1.2. Nesse caso, torna-se importante a apresentação dos resultados tanto aos gestores e líderes envolvidos quanto a pessoas que atuam diretamente no processo, buscando validar, de uma forma geral, se tais resultados podem, de fato, ser atingidos, tanto em relação ao esforço necessário para tal quanto à consistência dos resultados esperados (Recomendação 22). É importante que, nesse sentido, a experiência da equipe seja aproveitada.

Concluindo, foram reunidas 22 recomendações que visam responder às 23 potenciais causas de falhas em projetos de LHS. Essas recomendações estão sumarizadas no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Recomendações para projetos de LHS

#	Recomendação
01	Formar equipe multidisciplinar, diversificada e sem hierarquia.
02	Conscientizar a equipe quanto ao <i>Lean</i> e aos objetivos.
03	Utilizar gráficos e animações que se aproximem da realidade.
04	Treinar a equipe quanto ao <i>Lean</i> .
05	Obter o comprometimento da alta gestão.
06	Focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios.
07	Avaliar, em equipe, antes e durante o desenvolvimento do projeto, se o momento é oportuno.
08	Identificar, junto ao cliente, objetivos precisos, razoáveis, compreensíveis e mensuráveis.
09	Avaliar a qualidade de conformidade.
10	Construir e validar o modelo conceitual em equipe.
11	Utilizar fontes e métodos confiáveis para coleta de dados.
12	Considerar fatores não estacionários significativos na coleta de dados.
13	Considerar atividades indiretas realizadas pelos recursos.
14	Utilizar software adequado ao contexto e às características do projeto.
15	Incluir na equipe um modelador com experiência suficiente.
16	Verificar continuamente o modelo computacional.
17	Utilizar testes estatísticos adequados e com poder suficiente para validação do modelo computacional.
18	Utilizar técnicas adequadas para planejamento dos experimentos.
19	Avaliar os resultados dos experimentos por meio de testes estatísticos adequados.
20	Manter a documentação completa e atualizada.
21	Realizar o planejamento do projeto.
22	Obter a aceitação dos resultados dos experimentos, tanto pelos gestores quanto pelas pessoas que atuam diretamente no processo.

4.3. Realizar ações

À etapa de realizar ações foi atribuído, especificamente, o objetivo de constituir e organizar o *checklist* de recomendações. Por meio dele, novos projetos poderão visualizar facilmente todas as recomendações selecionadas e, levando-as em consideração, reduzir a chance de ocorrência de falhas no projeto. O Quadro 4.5, apresentado anteriormente, já reúne as recomendações definidas. Entretanto, para facilitar o entendimento, é interessante organizá-las de acordo com as etapas dos projetos de simulação, que, normalmente, formam sua estrutura metodológica. Para tanto, foram consideradas as fases do método de simulação proposto por Montevechi *et al.* (2010), além de uma fase de preparação. O Quadro 4.6 apresenta a compilação final das recomendações, organizadas no formato do *checklist* e renumeradas de acordo com sua sequência de realização.

4.4. Avaliar ações

Para avaliar o resultado do *checklist* optou-se por realizar um novo projeto de LHS que contemplasse sua aplicação. A escolha por apenas um projeto ocorreu devido a limitações temporais e materiais. Nesse momento, decidiu-se pela realização de um projeto com o mesmo escopo do projeto A ou B (ou seja, reconduzi-los), mas, agora, utilizando o *checklist* desenvolvido.

Por um lado, reconduzir o mesmo projeto permite comparar de forma mais objetiva a maneira como estudos com o mesmo escopo e objetivo foram desenvolvidos, além de comparar seus resultados. Assim, pode ser mais fácil identificar a contribuição do *checklist*. Por outro lado, há o risco de tendência, pois, com a recondução do projeto, pode existir uma inclinação natural de melhoria. Entretanto, mesmo se a decisão fosse pela realização de um projeto totalmente distinto, essa tendência de melhoria poderia, também, influenciar os resultados, devido ao processo natural de aprendizado do autor. Como o projeto A ainda se encontra em andamento, decidiu-se pela recondução do projeto B, que está apresentada na subseção 4.4.1.

Quadro 4.6 – *Checklist* para desenvolvimento de projetos de LHS

Recomendações para a condução de projetos de *Lean Healthcare Simulation*

Fase 1: Preparação

-
- 1.1. Obter o comprometimento da alta gestão.
-
- 1.2. Identificar, junto ao cliente, objetivos precisos, razoáveis, compreensíveis, e mensuráveis.
-
- 1.3. Formar equipe multidisciplinar, diversificada e sem hierarquia.
-
- 1.4. Incluir na equipe um modelador com experiência suficiente.
-
- 1.5. Conscientizar a equipe quanto ao *Lean* e aos objetivos.
-
- 1.6. Treinar a equipe quanto ao *Lean*.
-
- 1.7. Realizar o planejamento do projeto.
-

Fase 2: Concepção

-
- 2.1. Construir e validar o modelo conceitual em equipe.
-
- 2.2. Utilizar fontes e métodos confiáveis para coleta de dados suficientes.
-
- 2.3. Considerar fatores não estacionários significativos na coleta de dados.
-
- 2.4. Considerar atividades indiretas realizadas pelos recursos.
-

Fase 3: Implementação

-
- 3.1. Utilizar *software* adequado ao contexto e às características do projeto.
-
- 3.2. Utilizar gráficos e animações que se aproximem da realidade.
-
- 3.3. Verificar continuamente o modelo computacional.
-
- 3.4. Utilizar testes estatísticos adequados e com poder suficiente para validação.
-

Fase 4: Análise

-
- 4.1. Focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios.
-
- 4.2. Avaliar a qualidade de conformidade.
-
- 4.3. Utilizar técnicas adequadas para planejamento dos experimentos.
-
- 4.4. Avaliar os resultados dos experimentos por meio de testes estatísticos adequados.
-
- 4.5. Obter a aceitação dos resultados dos experimentos, tanto pelos gestores quanto pelas pessoas que atuam diretamente no processo.
-

Todas as fases

-
- 5.1. Avaliar, em equipe, antes e durante o desenvolvimento do projeto, se o momento é oportuno.
-
- 5.2. Manter a documentação completa e atualizada.
-

Além disso, identificou-se a oportunidade de se avaliar, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), o potencial do *checklist* em contribuir na orientação de projetos futuros. Identificando o grau de aderência, dos projetos publicados na literatura, às recomendações, é possível avaliar as deficiências que poderiam ser evitadas com a utilização do *checklist*. Assim, quanto menor o grau de aderência, maior a deficiência dos projetos e, com isso, provavelmente, maior o potencial do *checklist* em contribuir para projetos futuros. A RSL desenvolvida com esse objetivo encontra-se apresentada na subseção 4.4.2.

4.4.1. Recondução do projeto B

Em posse do *checklist*, todas as etapas conduzidas para a realização do projeto B foram reavaliadas. Seguindo-se a sequência de recomendações definida, a primeira falha identificada no projeto B ocorreu quando do não atendimento à recomendação de utilizar fontes e métodos confiáveis para a coleta de dados (Recomendação 2.2). Dessa forma, todas as etapas desenvolvidas antes da coleta e modelagem dos dados de entrada foram consideradas como adequadas e aproveitadas para a recondução do projeto B. Entretanto, para evidenciar o cumprimento de todas as recomendações aplicáveis, todo o projeto será discutido a seguir.

Como afirmado anteriormente, o projeto B tem como escopo o pronto atendimento de um hospital filantrópico localizado no estado de Minas Gerais e se constitui como uma parceria entre uma equipe externa, especialista em *Lean* e simulação, e a equipe do hospital. O pronto atendimento em análise atende, anualmente, cerca de 30 mil pacientes, oriundos do município onde se encontra e de outros da região.

Além disso, trata-se de um projeto de LHS facilitador (*SimLean Facilitate*), pois visa, em um primeiro momento, realizar apenas o diagnóstico do pronto atendimento, semelhante ao proposto por Baril *et al.* (2016) e Bhat, Gijo Jnanesh (2014). Assim, anseia-se identificar onde estão os problemas, onde as melhorias devem ser focadas.

O projeto teve amplo apoio da alta gestão (Recomendação 1.1), que concedeu aos membros externos acesso ao hospital. Os gestores demonstraram apoio e entusiasmo durante a realização da primeira reunião, apontando, até mesmo, outras oportunidades de parceria com a equipe da universidade. Além disso, nessa ocasião, os gestores reconheceram a importância do desenvolvimento de projetos de melhoria e citaram alguns dos esforços já realizados.

Em seguida, o objetivo do projeto foi definido e detalhado com a alta gestão do hospital: reduzir o tempo de espera do paciente no atendimento de urgência, garantindo seu atendimento dentro do tempo máximo determinado pelo protocolo de Manchester (Recomendação 1.2). Além disso, o escopo foi limitado ao funcionamento do pronto atendimento nos horários mais relevantes, de segunda à sexta, das 7 às 19 horas. Não são considerados os pacientes de emergência, mais graves, pois estes recebem prioridade máxima e já são atendidos de imediato, logo quando chegam ao pronto atendimento. Ou seja, esses pacientes possuem um fluxo próprio que merece ser estudado oportunamente com maior atenção.

Com a definição do objetivo, a alta gestão do hospital indicou uma equipe responsável por apoiar o desenvolvimento do projeto, a qual foi composta por gestores, recepcionistas, enfermeiras, além de especialistas em *Lean* e simulação, da equipe externa, o que caracteriza uma equipe multidisciplinar. Por apresentar membros internos e externos ao hospital, trata-se, também, de uma equipe diversificada. Além disso, alguns dos membros da equipe, como as recepcionistas, participam de um programa periódico de rotação pelos departamentos do hospital, o que contribui para a quebra de silos na instituição. Já em relação à hierarquia, os especialistas em *Lean* e simulação atuaram somente como coordenadores, não restringindo a participação dos demais membros (Recomendação 1.3). Além disso, para o desenvolvimento dos modelos, foi incluído na equipe um modelador com experiência suficiente, o autor do presente trabalho, o qual realizou um treinamento específico no *software* escolhido para o projeto, FlexSim HC (Recomendação 1.4).

Formada a equipe, todos os membros do hospital foram conscientizados quanto ao *Lean* e aos objetivos durante as visitas realizadas pela equipe externa (Recomendação 1.5). Os membros foram abordados individualmente e informados sobre o objetivo geral: a melhoria do pronto atendimento, identificando problemas em seus fluxos, mas, sem buscar culpados entre os colaboradores. Desse modo, a resposta da equipe foi predominantemente positiva, com a criação de um ambiente agradável para desenvolvimento do projeto. Mais de uma vez, membros da equipe declararam seu apoio e comentaram sobre a carência de estudos e recursos destinados a melhorar o atendimento aos pacientes. Uma das recepcionistas destacou a importância do envolvimento dos colaboradores do pronto atendimento no projeto: “quando tem reunião, precisa chamar a

gente. A chefia não está aqui, não sente. Temos ótimas ideias. As melhorias precisam vir de quem está aqui”.

Porém, como afirmado anteriormente, por se tratar de um projeto de LHS preparatório, ainda não se faz necessária a participação ativa da equipe em relação aos conceitos do *Lean*, como a sugestão de propostas de melhoria. Logo, optou-se por não realizar treinamentos sobre o *Lean* nesse momento, mas, reservando-os para uma oportunidade após a conclusão do projeto de LHS preparatório. Com isso, a recomendação 1.6 torna-se, por enquanto, não aplicável.

O planejamento do projeto foi feito e aprovado com a gestão do hospital (Recomendação 1.7). Foi registrado o objetivo e o escopo do projeto, limitando-o às atividades de registro, triagem e atendimento médico. Além disso, foram definidos dados e informações que seriam provavelmente necessários: fluxos dos pacientes pelos processos, tempos de ciclo das atividades, quantidades de pacientes atendidos, tempos de espera dos pacientes entre as atividades, tempos de permanência dos pacientes (de sua chegada até a conclusão da consulta médica) e as atividades indiretas realizadas pelos médicos, enfermeiras e recepcionistas. Por fim, foram definidas as responsabilidades dos membros e o prazo para conclusão do projeto.

Passando-se à fase de concepção, foi construído e validado o modelo conceitual no local do processo, com a participação da enfermeira responsável pelo pronto atendimento (Recomendação 2.1). Inicialmente, esse modelo conceitual foi elaborado por meio de um fluxo genérico e de anotações. Entretanto, posteriormente, foi convertido utilizando-se a técnica IDEF-SIM. O resultado encontra-se apresentado na Figura 4.6.

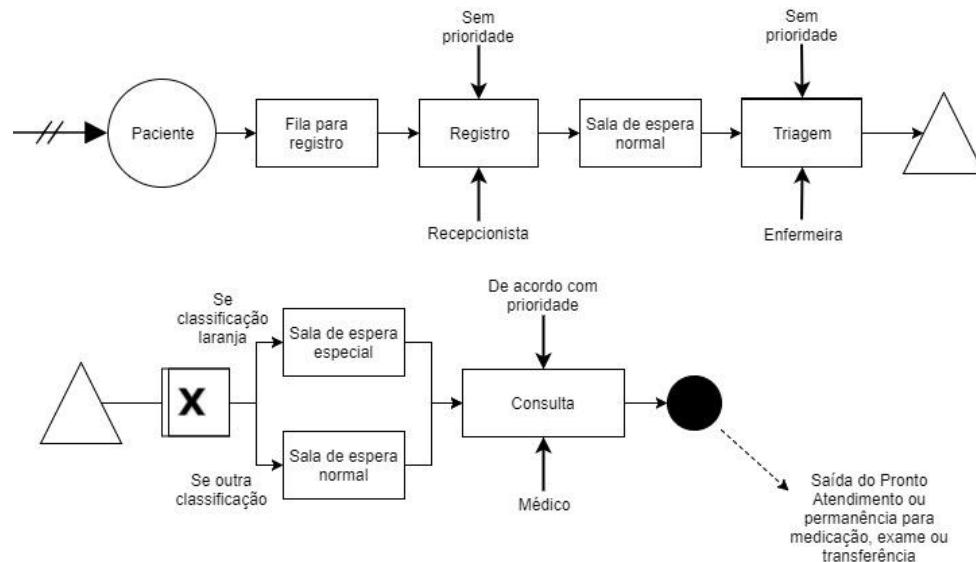


Figura 4.6 – Modelo conceitual do pronto atendimento do projeto B

Ao chegar ao pronto atendimento, o paciente de urgência realiza seu registro, informando dados como nome, documentos e endereço. O registro é feito por ordem de chegada pela recepcionista e, caso esta esteja ocupada, o paciente aguarda em uma fila. Após o registro, todos os pacientes de urgência aguardam a triagem em uma sala de espera, aqui chamada de “normal”. Então, o paciente é chamado pela recepcionista e passa pela triagem com a enfermeira, respeitando, também, a ordem de chegada. Na triagem, o paciente recebe uma classificação de risco, de acordo com o protocolo Manchester. Para esse projeto, foram consideradas as classificações azul (menor risco), verde, amarela e laranja (maior risco).

A classificação vermelha é comumente utilizada para os pacientes de emergência, que não estão incluídos no escopo do projeto. Após a triagem, o paciente pode ser encaminhado para duas salas de espera: para a “normal”, onde ficam, também, os pacientes que aguardam a triagem e outras pessoas, ou para a “especial”, reservada para pacientes com piores condições de saúde, de classificação laranja. Então, quando disponível, o médico pede à recepcionista que chame o próximo paciente, dando preferência àqueles de maior risco. Após a consulta com o médico, o paciente sai do sistema. Isso significa que ele pode ser liberado do pronto atendimento, permanecer para outros procedimentos ou ser transferido. Porém, isso já se encontra fora do escopo do projeto. Via de regra, as movimentações dos pacientes entre os locais considerados são feitas sem o acompanhamento de profissionais do pronto atendimento.

Finalizada a modelagem conceitual, iniciaram-se as atividades de coleta de dados. Para a recondução do projeto, buscou-se avaliar, especialmente, se os tamanhos amostrais eram

suficientes (Recomendação 2.2) e se o período de coleta de dados é capaz de abranger sazonalidades na demanda (Recomendação 2.3). No projeto B original, algumas das amostras obtidas eram de tamanho e abrangência suficientes e, portanto, foram reaproveitadas (vide Tabela 4.2). Entretanto, esse não era o caso das amostras para perfil dos pacientes (classificação de risco), tempo entre chegadas e interrupções da triagem e consulta.

Com o apoio da equipe do pronto atendimento, foram obtidos dados históricos sobre a classificação de risco de 18.249 pacientes (Figura 4.7). Os dados apresentam boa abrangência, pois se referem a pacientes que visitaram o departamento no período de janeiro a setembro de 2017 (Recomendação 2.3). Recalculando-se o tamanho amostral necessário para se obter uma margem de erro de 5 pontos percentuais, a um nível de confiança de 95%, chega-se à quantidade de 311, superada, em muito, pelo tamanho amostral obtido (Recomendação 2.2).

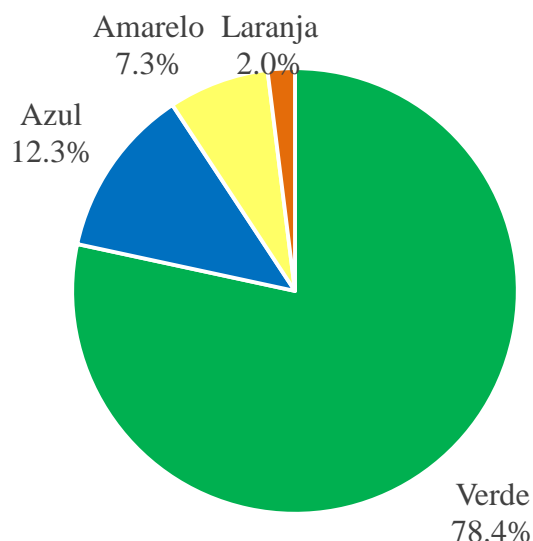


Figura 4.7 - Perfil dos pacientes considerados na recondução do projeto B

Também com o apoio da equipe do pronto atendimento, foram obtidos 19.956 registros de tempos entre chegadas de pacientes, disponíveis no sistema de informação do hospital. O banco de dados foi considerado como adequado, pois os registros não apresentavam inconsistências e seu método de coleta foi avaliado como confiável, visto que o registro do paciente deve ser feito obrigatoriamente logo após sua chegada. Além disso, os novos dados apresentam boa abrangência, sendo oriundos do período de novembro de 2016 a outubro de 2017 (Recomendação 2.3). A Tabela 4.4 apresenta o sumário desses dados.

Tabela 4.4 – Sumário dos dados de entrada coletados

	Tamanho da amostra	Média	Mediana	Desvio padrão
Tempo entre chegadas	19.956	10,1 min	6,0 minutos	18,0 min

Recalculando-se o tamanho de amostra necessário para obter uma margem de erro equivalente a 10% da média (1,01 min), chega-se à quantidade de 1.210, superada com folga pelo tamanho de amostra obtido (Recomendação 2.2).

Para a modelagem do tempo entre chegadas, foram realizados, novamente, testes de adequação com o *software* ExpertFit. Entretanto, a um nível de confiança de 95%, os testes rejeitaram todas as distribuições previstas. Tal fato era esperado, pois testes de adequação tendem a rejeitar distribuições candidatas na medida em que o tamanho amostral se eleva consideravelmente (BANKS, 1998). Portanto, como recomendado pelos autores, utilizou-se uma distribuição empírica, apresentada no Apêndice B.

Já para a consideração de atividades indiretas realizadas pelos recursos (Recomendação 2.4), mais especificamente, os tempos de interrupção, não foram identificados dados históricos disponíveis. Assim, foi necessário partir para uma nova coleta de dados. Para tanto, optou-se por sua estimativa por meio do método de amostragem de trabalho proposto por Baril *et al.* (2017), desenvolvido especificamente para a modelagem, em estudos de SED, de atividades indiretas realizadas pelos recursos. Além disso, como a amostragem de trabalho permite compreender melhor as atividades dos recursos, optou-se, também, pela amostragem das atividades realizadas pela recepcionista, o que não havia sido feito na primeira condução do projeto. Os tamanhos amostrais para cada um dos recursos foram definidos de modo a se obter margens de erro de 5 pontos percentuais, garantindo o atendimento às recomendações.

A Tabela 4.5 apresenta o sumário dos tempos de interrupção, com seus Tempos Médios até Atividades Indiretas (TMAI) (vide subseção 4.2) e número de ocorrências no período em análise (das 7 às 19 horas).

Tabela 4.5 – Número de ocorrências e duração dos TMAIs

Tempo de interrupção	TMAI (min)	Número de ocorrências estimado, por período
Recepcionista	3,0	145
Enfermeira	2,7	175
Médico	2,8	156

Para os três tempos de interrupção, foram escolhidas distribuições empíricas que representam sua duração. Estas estão apresentadas no Apêndice C. Quanto ao número de ocorrências, este foi distribuído uniformemente durante o período das 7 às 19 horas.

A amostragem de trabalho foi importante para que fossem identificadas detalhadamente quais as demais atividades realizadas pelos recursos. Algumas delas estão apresentadas no Quadro 4.7. É possível notar que, dentre as atividades indiretas, encontram-se tanto atividades que agregam valor, como o acompanhamento de pacientes em observação e o atendimento de pacientes de emergência, quanto atividades que não agregam valor, como o preenchimento de documentos e o transporte de fichas.

Quadro 4.7 – Exemplos de atividades indiretas identificadas

Recurso	Atividades indiretas
Recepcionista	Fornecer informações para pacientes, acompanhantes e outras pessoas, preencher documentos, gerar declarações de permanência, levar fichas de atendimento para a triagem.
Enfermeira	Transferir plantão, acompanhar pacientes em observação, atender pacientes de emergência (classificação vermelha), orientar técnicas de enfermagem, solicitar leito para internação.
Médico	Transferir plantão, analisar resultados de exames, atender pacientes de emergência (classificação vermelha), atender telefone, preencher documentos, realizar ronda pelo pronto atendimento, estar ausente.

Com a conclusão da coleta de dados, partiu-se, portanto, para a fase de implementação. O *software* escolhido para o desenvolvimento do projeto foi o FlexSim HC. A escolha foi realizada por quatro razões: (1) trata-se de um *software* de simulação voltado para a área de serviços de saúde e, portanto, adequado ao projeto; (2) a universidade possui licenças disponíveis; (3) o modelador já havia passado por um treinamento sobre o *software*; (4)

o *software* apresenta gráficos e animações que se aproximam da realidade. Desse modo, o *software* pode ser considerado adequado ao contexto e às características do projeto (Recomendação 3.1), além de permitir a utilização de gráficos e animações que se aproximam da realidade (Recomendação 3.2). É importante ressaltar que o FlexSim HC já dispõe nativamente de uma série de gráficos customizados para a área de serviços de saúde, os quais foram suficientes para o projeto.

O modelo foi construído por fases, inicialmente com a chegada, a fila para registro e o registro, depois agregando a sala de espera “normal” e a triagem e, por fim, a sala de espera “especial” e a consulta. Em cada uma das fases, o modelo computacional foi verificado (Recomendação 3.3).

Concluído o modelo computacional, seguiu-se para a etapa de sua validação. Ao contrário do projeto B original, que buscou a validação de apenas uma variável de saída, optou-se pela realização de uma validação multidimensional, avaliando as saídas Tempo até Atendimento Médico (TAM), seu desvio padrão e as taxas de ocupação dos recursos. Além disso, para garantir o atendimento às recomendações, optou-se pela utilização de testes estatísticos apropriados aos dados e pela verificação da adequação de seu poder (Recomendação 3.4).

Com apoio da equipe do hospital, foram obtidos dados históricos sobre o TAM de 1.738 pacientes, de setembro a novembro de 2017. O modelo computacional foi executado com duração de um dia (das 7 às 19 horas) e 100 réplicas, sendo igualmente extraídos TAMs de 1.738 pacientes aleatórios. A Tabela 4.6 apresenta o sumário dos dados reais e simulados.

Tabela 4.6 – Sumário dos dados utilizados para validação do modelo computacional

	Tamanho da amostra	Média (min)	Mediana (min)	Desvio padrão (min)
TAM real	1.738	108,1	89,0	67,4
TAM simulado	1.738	106,5	91,7	73,5

Como os tamanhos amostrais são elevados, mesmo sem considerar a normalidade dos dados, optou-se pela realização do teste *2-sample t* para intervalos. Essa escolha foi

realizada, devido ao fato de que não foram identificados na literatura testes não paramétricos para intervalos e devido à robustez do teste *2-sample t* à violação do pressuposto de normalidade, quando da disponibilidade de grandes amostras. A tolerância estipulada para a validação foi de 5% em relação à média do sistema real (5,4 min).

O teste apresentou poder adequado, de 79,4%, com a finalidade de se identificar uma diferença também de 5% e a um nível de confiança de 85% (Recomendação 3.4). Com a execução do teste, não foram identificadas evidências suficientes para se invalidar o modelo computacional, ou seja, para afirmar que a diferença entre o sistema real e o modelo computacional extrapola a tolerância estipulada ($p\text{-value} = 1,000$).

Já para a validação do desvio padrão do TAM, foi utilizado o teste não paramétrico de Bartlett para variâncias. A escolha por um teste não paramétrico ocorreu devido à alta sensibilidade dos testes paramétricos para variâncias, quando da violação do pressuposto de normalidade. Como não foi identificado na literatura uma variação do teste de Bartlett para intervalos, não foi possível considerar a tolerância de 5% nos cálculos do teste.

A um nível de confiança de 95%, não foi possível rejeitar a hipótese nula de que os desvios padrão são iguais ($p\text{-value} = 0,522$). Entretanto, por se tratar de um teste não paramétrico, o cálculo analítico de seu poder não pôde ser realizado. Portanto, adicionalmente, decidiu-se por avaliar graficamente os dados, por meio de histogramas (Figura 4.8), a fim de verificar se suas dispersões são semelhantes. Nota-se que tanto os histogramas dos dados reais e simulados quanto suas distribuições ajustadas, são semelhantes, evidenciando que estão em consonância.

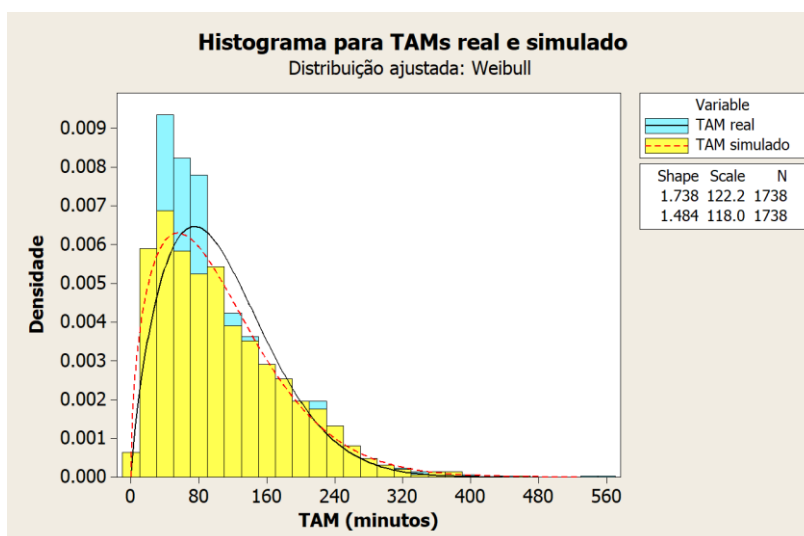


Figura 4.8 – Histograma dos TAMs real e simulado

Por fim, para a validação das taxas de ocupação dos recursos (recepcionista, enfermeira e médico), foram utilizados testes para as proporções de atividades diretas, indiretas e de ociosidade. O teste para uma proporção foi adaptado para intervalos, seguindo-se o mesmo procedimento adotado por Sargent, Goldsman e Yaacoub (2016) e Sargent (2015) para o teste *2-sample t*. A tolerância adotada foi de 5 pontos percentuais e o nível de confiança de 85%. O nível de confiança foi reduzido de modo a obter um maior poder do teste, conforme sugerido pelos autores, obtendo, assim, um *trade-off* entre os erros dos tipos I e II. Para todos os testes, não foi possível rejeitar a hipótese nula de que as diferenças entre as proporções do sistema real e do sistema simulado se encontram dentro das tolerâncias estabelecidas ($p\text{-value} > 0,15$). Além disso, todos os testes apresentaram poder adequado (Recomendação 3.4). A Tabela 4.7 consolida o resultado dos testes, assim como seu poder.

Tabela 4.7 – Resultados dos testes de proporções para intervalo

Recurso	Teste de proporção para atividades diretas*	Teste de proporção para atividades indiretas*	Teste de proporção para ociosidade*
Recepcionista	0,765 (87,3%)	1,000 (77,0%)	0,322 (91,9%)
Enfermeira	1,000 (79,2%)	1,000 (77,0%)	1,000 (99,9%)
Médico	0,302 (80,2%)	1,000 (76,1%)	1,000 (100,0%)

**P-value* (poder do teste)

Dessa forma, não houve evidências para se rejeitar a validade do modelo em relação a qualquer das métricas escolhidas.

Já na fase de análise, a primeira recomendação a ser considerada se relaciona ao foco no ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios. Nesse momento, se torna aplicável o procedimento para análise de sensibilidade *Lean* (Recomendação 4.1). Foram definidos cinco pseudoparâmetros, além de três propostas preliminares (Quadro 4.8).

Quadro 4.8 – Pseudoparâmetros e propostas preliminares

Variável	Descrição	Nível -	Nível +
A	Proposta preliminar A		
B	Proposta preliminar B	Não implementação	Implementação
C	Proposta preliminar C		
D	Tempo de ciclo da triagem		
E	Tempo de ciclo da consulta	Redução de 10%	Manutenção do
F	Tempo de interrupção do médico	no tempo do estado atual (melhoria)	tempo do estado atual
G	Tempo de interrupção da enfermeira		
H	Velocidade dos pacientes	Manutenção da velocidade do estado atual	Aumento de 10% na velocidade do estado atual (melhoria)

As propostas preliminares definidas foram:

- **Proposta preliminar A – Inversão de registro e triagem:** atualmente, os pacientes passam pelo registro e, então, pela triagem. Como o registro é realizado por ordem de chegada, pacientes com maior risco não são registrados com prioridade. Logo, a ideia foi inverter registro e triagem, de modo que a prioridade do paciente seja conhecida o mais rápido possível;
- **Proposta preliminar B – Aumento de prioridade, caso o tempo de espera por consulta ultrapasse o limite estabelecido pelo protocolo de Manchester:** cogitou-se que, dependendo da chegada de pacientes com classificações de risco mais altas, os pacientes com classificações de risco mais baixas podem ficar esperando pela consulta por muito tempo, passando do limite estabelecido pelo protocolo de Manchester. Para mitigar esse problema, a ideia foi de elevar a prioridade do paciente, caso este esteja esperando há mais tempo do que o recomendado
- **Proposta preliminar C – Instituição de antessala de espera próxima ao consultório médico:** durante a amostragem de trabalho, notou-se que os médicos aguardam algum tempo para a chamada e chegada do paciente para a consulta.

Isso ocorre, pois a sala de espera não fica próxima ao consultório. Portanto, cogitou-se a instituição de uma antessala de espera próxima ao consultório médico, de tamanho limitado, de modo a disponibilizar pacientes rapidamente para a consulta.

Para a realização dos experimentos necessários à análise de sensibilidade, optou-se pela construção de um arranjo experimental fatorial fracionado (fração $\frac{1}{4}$, resolução V, 64 experimentos). Com isso, a recomendação de utilização de técnicas adequadas para planejamento dos experimentos foi cumprida (Recomendação 4.3).

Os 64 experimentos foram executados com duração de um dia (das 7 às 19 horas) e 100 réplicas. Foram escolhidas cinco variáveis de resposta: os TAMs de cada uma das quatro categorias de pacientes em análise e o número de não conformidades (pacientes atendidos em tempos acima do limite estipulado). Ou seja, foi levada em consideração a qualidade de conformidade (Recomendação 4.2).

Como se deseja minimizar todas as respostas selecionadas e como foi identificado que estas estão fortemente correlacionadas, optou-se por sua substituição por única variável, por meio da análise de componentes principais (JOHNSON; WICHERN, 2007). O componente principal escolhido representa 93% da variabilidade das cinco variáveis originais. O arranjo experimental utilizado e os resultados dos experimentos estão apresentados no Apêndice D.

Após a realização dos experimentos, foram realizados testes estatísticos adequados para sua análise (Recomendação 4.4). O método de Lenth foi utilizado para selecionar os termos (principais e interações) significativos. Dessa forma, para a ANOVA, somente os termos significativos foram mantidos. Os termos escolhidos foram responsáveis pela maior parte da variação das respostas observada no modelo computacional, o que pode ser avaliado por meio dos altos coeficientes de determinação ajustado e predito, de 96,5% e 95,6%, respectivamente. Além disso, quando da construção de um metamodelo, não houve evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que os resíduos são normalmente distribuídos ($p\text{-value} = 0,782$), o que também demonstra sua adequação. Os resultados sumarizados dos termos significativos estão apresentados na Tabela 4.8. Mesmo não sendo estatisticamente significativas ($p\text{-value} > 0,05$), as variáveis B e H foram mantidas, pois algumas de suas interações com outras variáveis foram importantes para o metamodelo ($p\text{-value} < 0,05$).

Tabela 4.8 – Coeficientes obtidos na recondução do projeto B

Termo	Coefficiente para saída	
	componente principal (adimensional)	<i>P-value</i>
Constante	0,000	1,000
B	0,036	0,484
C	-0,620	0,000
D	0,155	0,004
E	1,678	0,000
F	1,055	0,000
H	-0,059	0,249
C*E	0,175	0,001
E*H	0,110	0,035
B*C*H	0,179	0,001
B*D*H	0,104	0,046
C*E*H	0,111	0,034

Por fim, minimizando-se o valor do componente principal, em função dos termos selecionados, concluiu-se que somente a proposta preliminar C, de criação da antessala para a consulta médica, impacta positivamente os resultados do sistema. Por outro lado, os efeitos da proposta preliminar A, de inversão de registro e triagem, e de suas interações com as demais variáveis não apresentam significância estatística. Já a proposta preliminar B, de aumento da prioridade dos pacientes, caso o tempo de espera por consulta ultrapasse o limite estabelecido pelo protocolo de Manchester, apresenta impacto negativo. Por fim, os pseudoparâmetros de tempos de ciclo (D e E), de interrupção do médico (F) e velocidade dos pacientes (H) são estatisticamente significativos. Uma melhora nesses pseudoparâmetros (redução dos tempos e aumento da velocidade) acarreta em resultados melhores para o componente principal e, conseqüentemente, para o sistema.

É interessante destacar que, antes do projeto, a todas as propostas e variáveis era atribuída uma expectativa de impacto positivo no sistema. Entretanto, como demonstrado, algumas não trazem impactos ou mesmo impactam negativamente. Isso evidencia a importância da SED, do planejamento dos experimentos e das análises estatísticas realizadas.

Os resultados obtidos para o componente principal e para as cinco saídas originais encontram-se apresentados na Tabela 4.9. É possível notar uma melhoria significativa em todos eles, destacando-se a redução de 33,7 pontos percentuais na taxa total de não conformidades.

Tabela 4.9 – Resultados obtidos com a implementação das propostas

Resposta	Estado atual	Estado futuro	Evolução
Componente principal (adimensional)	3,3	-4,1	-
Taxa total de não conformidades (%)	36,6	2,9	-33,7 p.p.
TAM pacientes azuis (min)	130,8	88,5	-32,3%
TAM pacientes verdes (min)	114,3	75,6	-33,8%
TAM pacientes amarelos (min)	92,0	62,5	-32,0%
TAM pacientes laranjas (min)	94,1	61,5	-34,7%

O próximo passo do procedimento de análise de sensibilidade *Lean* é a definição de potenciais ações aplicáveis com o objetivo de obter uma melhoria equivalente nos pseudoparâmetros selecionados. Esta etapa deve envolver a equipe do projeto de forma mais consistente, o que se encontra fora do escopo do projeto em análise. Como afirmado anteriormente, o projeto B, assim como sua recondução, é um projeto preparatório, facilitador, que visa construir o modelo computacional e realizar análises prévias antes do envolvimento definitivo da equipe. Assim, os trabalhos com a equipe são agilizados e direcionados aos problemas identificados previamente.

Entretanto, é possível, de antemão, citar alguns exemplos de ações que podem levar a melhorias equivalentes nos pseudoparâmetros. Por exemplo, tomando-se o tempo de interrupção do médico, por meio da amostragem de trabalho, foi possível identificar atividades indiretas que não agregam valor e/ou que poderiam ser realizadas por outros recursos com menor ocupação, como a recepcionista. Essas atividades, assim como possíveis ações *Lean* para combatê-las, estão apresentadas no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Atividades realizadas pelo médico e possíveis ações aplicáveis

Atividade	Proporção de tempo utilizado	Possíveis ações
Esperar paciente ser chamado para consulta.	3,3%	Criar a antessala já discutida na proposta preliminar C.
Preencher documentos.	2,0%	Simplificar formulários.
Transportar fichas de atendimento para medicação ou para recepção.	1,1%	Atribuir a responsabilidade de gestão das fichas à recepcionista. Utilizar sistema de prontuário eletrônico.
Marcar sala de cirurgia.	0,9%	Atribuir a responsabilidade de marcação de sala de cirurgia à recepcionista.
Total	7,3%	

Após a análise dos experimentos, os resultados foram brevemente explicados aos membros da equipe, os quais os aceitaram sem objeções (Recomendação 4.5).

Foi avaliado durante todo o projeto que o momento era oportuno, pois não havia perspectiva de necessidade de tomada de decisão que limitasse o cronograma de desenvolvimento do projeto (Recomendação 5.1). E, por fim, em relação à recomendação de manter a documentação completa e atualizada, esta foi cumprida, culminando com a confecção do presente trabalho (Recomendação 5.2).

Reconduzido com o apoio do *checklist*, o projeto B atendeu a todas as recomendações aplicáveis definidas. O projeto apresentou resultados positivos, identificando a possibilidade de redução de cerca de 30% nos TAMs e de 33,7 pontos percentuais na taxa de não conformidades, atingindo o primeiro estágio de sucesso definido por Robinson e Pidd (1998), apresentado na Figura 2.3: o estudo atingiu seus objetivos e demonstrou benefícios. Quando os resultados foram apresentados aos membros da equipe, estes os aceitaram. Logo, o projeto conseguiu, também, ser bem sucedido no segundo estágio de sucesso de projetos de simulação: seus resultados foram aceitos.

De uma maneira geral, o *checklist* contribuiu ao indicar todas as recomendações que deveriam ser seguidas, caso aplicáveis, e na ordem de sua necessária realização. Além

disso, em especial, contribuiu ao indicar a necessidade da realização de coleta de dados suficientes, da consideração de fatores não estacionários significativos e da necessidade de utilização de testes estatísticos adequados e com poder suficiente para validação do modelo computacional. Tais recomendações não foram seguidas na condução original do projeto B, o que acarretou em seu insucesso.

4.4.2. Revisão Sistemática da Literatura

A recondução do projeto B, por si só, já demonstra o potencial do *checklist* em apoiar projetos futuros em sua condução e na busca por evitar a ocorrência de falhas. Entretanto, como afirmado anteriormente, a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) permite avaliar, adicionalmente, o potencial em contribuir com novos projetos de LHS. Identificando o grau de aderência, dos projetos publicados na literatura, às recomendações, é possível avaliar as deficiências que poderiam ser evitadas com a utilização do *checklist*. Assim, quanto menor o grau de aderência, maior a deficiência dos projetos e, com isso, provavelmente, maior o potencial do *checklist* em contribuir para sua condução.

A RSL consiste em um método que objetiva responder a uma questão específica de pesquisa por meio da coleta de todas as evidências relevantes que se adequem a critérios de elegibilidade pré-estabelecidos (MOHER *et al.*, 2015). A abordagem bem definida e sistemática minimiza o viés na identificação, seleção, análise e síntese dos estudos. O presente trabalho não se dedica a esgotar todos os conceitos metodológicos da RSL, sendo possível obter maiores detalhes em CRD (2009) e Moher *et al.* (2015).

Entretanto, avaliar o atendimento de todas as recomendações é um desafio em um cenário em que os artigos apresentam abordagens e focos diferenciados. Dessa forma, muitas vezes não é possível obter, por meio da leitura dos estudos, evidências sobre o atendimento a uma ou mais recomendações. Porém, a ausência de informações sobre essas e outras recomendações não significa, necessariamente, que elas não foram atendidas.

Considerando-se essa limitação, optou-se pela condução da análise dos artigos somente em relação às recomendações com avaliação mais acessível, que apresentam evidências mais claras quanto a eventuais atendimentos e não atendimentos. Assim, foram selecionadas sete recomendações, as quais estão apresentadas no Quadro 4.10. No mesmo

quadro, encontram-se as perguntas formuladas de modo a guiar a coleta de evidências sobre o atendimento às recomendações.

Quadro 4.10 – Recomendações e perguntas consideradas na RSL

Recomendação	Perguntas
1.3. Formar equipe multidisciplinar, diversificada e sem hierarquia.	Foi formada equipe multidisciplinar e diversificada?
1.6. Treinar a equipe em relação ao <i>Lean</i> .	Foi realizado treinamento sobre o <i>Lean</i> ?
3.4. Utilizar testes estatísticos adequados e com poder suficiente para validação do modelo computacional.	O estudo utilizou testes estatísticos para validação do modelo computacional? Se sim, qual foi o poder do teste?
4.1 Focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios.	O estudo evita a adição de recursos ou, se não, considera os seus custos decorrentes?
4.2. Avaliar a qualidade de conformidade.	O estudo avalia o número de não conformidades ou a variabilidade do processo?
4.3. Utilizar técnicas adequadas para planejamento dos experimentos.	O estudo utilizou técnicas para planejamento dos experimentos?
4.4. Avaliar os resultados dos experimentos por meio de testes estatísticos adequados.	O estudo utilizou testes estatísticos para avaliar os resultados dos experimentos?

Algumas perguntas foram estabelecidas com um escopo menor do que a recomendação relacionada. Em relação à equipe multidisciplinar, diversificada e sem hierarquia (Recomendação 1.3), optou-se por avaliar somente multidisciplinaridade e diversificação, pois, os artigos geralmente não trazem evidências claras quanto à existência de hierarquia nas equipes. Já em relação aos testes estatísticos citados nas recomendações 3.4 e 4.4, as perguntas não visam avaliar se estes foram selecionados de forma adequada, pois, para tanto, seria necessário avaliar os dados utilizados para os testes. Desse modo, as evidências em relação às recomendações 1.3, 3.4 e 4.4 devem ser interpretadas considerando-se essas limitações.

Cabe destacar, ainda, que, para a obtenção de resultados confiáveis, a RSL foi conduzida de acordo com as recomendações do Centro para Revisões e Disseminação, da Universidade de York, Reino Unido (CRD, 2009).

A busca de artigos foi realizada no dia 31 de maio de 2017 nas bases de dados Scopus e Web of Science. Para tanto, foram definidos três grupos de termos relacionados aos temas Lean, SED e serviços de saúde. Com isso, estipulou-se que os artigos selecionados deveriam apresentar pelo menos um termo de cada grupo nos campos título, resumo e palavras-chave.

Em relação ao tema *Lean*, optou-se por realizar a busca de forma ampla, utilizando somente dois termos abrangentes, “*Lean*” e “Toyota”. Isso foi feito devido à heterogeneidade identificada na literatura quanto à terminologia para se referir ao tema. Foram identificadas mais de 20 formas diferentes de citação ao *Lean*, as quais estão apresentadas no Quadro 4.11.

Quadro 4.11 – Termos relacionados ao *Lean*

Termos relacionados ao *Lean*

Lean Manufacturing, Lean Production, Toyota Production System, Lean Six Sigma, Lean Thinking, Lean Principle, Lean Management, Lean Enterprise, Lean Process, Lean Practice, Lean Approach, Lean Philosophy, Lean Methodology, Lean Transformation, Lean Healthcare, Lean Health Care, Lean Method, Lean Service, Lean Theory, Lean Intervention, Lean Tool.

Também optou-se por utilizar um termo abrangente para o tema SED, pois nem todos os artigos definem exatamente, em seus títulos, resumos e palavras-chave, o tipo de simulação utilizado.

Se, por um lado, a utilização de termos mais amplos ajuda a evitar que artigos adequados à RSL sejam desconsiderados, por outro, traz como efeito colateral a inserção de muitos não relacionados aos temas de interesse. Assim, foram identificados artigos que utilizam outros tipos de simulação, como física (WEIGEL, 2016) e de Monte Carlo (YU *et al.*, 2016), e que utilizam o termo “*Lean*” em outro contexto, como massa corporal magra (SCHNEIDER *et al.*, 2016) e combustão pobre (ASPDEN; DAY; BELL, 2016). Por essa razão, uma grande parcela dos artigos, 93,9%, foi eliminada no primeiro passo de análise da RSL, o que será demonstrado mais adiante. Com isso, os três grupos de termos foram definidos e estão apresentados no Quadro 4.12.

O asterisco, presente em alguns dos termos, é utilizado com a finalidade de permitir a identificação mesmo se o artigo se referir ao termo com alguma variação. Assim, ao se utilizar o asterisco em “*Medic**”, é possível identificar artigos com termos como “*Medical*” e “*Medicine*”. Além disso, ambas as bases de dados utilizadas permitem que, ao se escrever um termo no singular, também seja buscada sua versão no plural, se aplicável. Por essa razão, só foram especificados termos flexionados no singular. Por fim, foram definidos filtros de modo a selecionar somente os artigos publicados em revistas científicas, com revisão por pares e redigidos em inglês. Não foi adotado filtro quanto à data de publicação.

Quadro 4.12 – Termos escolhidos para a busca de artigos

<i>Lean</i>	SED	Serviços de saúde
		<i>Health*</i>
		<i>Care</i>
<i>Lean</i>		<i>Hospital</i>
Toyota	<i>Simulat*</i>	<i>Medic*</i>
		<i>Clinic*</i>
		<i>Lab*</i>
		<i>Patient</i>

Por meio dos parâmetros definidos para busca, foram identificados 387 artigos na base de dados Scopus e 293 na base de dados Web of Science. Eliminando-se os estudos duplicados, a quantidade de artigos selecionados foi de 458. Com isso, partiu-se para a fase de triagem, com a leitura de títulos e resumos, sempre realizada por dois avaliadores, o autor deste trabalho e uma aluna de iniciação científica. A triagem foi realizada em subgrupos de tamanho 20. Ao se encerrar a análise de cada subgrupo, e antes da avaliação do próximo, os dissensos foram analisados e resolvidos pelos próprios avaliadores. Dessa forma, buscou-se identificar e corrigir rapidamente divergências quanto aos critérios de inclusão. Baixas concordâncias entre os avaliadores podem indicar que estes critérios não estão claros e precisam ser revisados (CRD, 2009).

Concluída a triagem, realizou-se uma análise de concordância dos avaliadores, a qual atingiu 98,7% (97,1% - 99,5%), sendo estatisticamente significativa tanto para o grupo de artigos incluídos quanto para os excluídos (nível de confiança de 95%; *p-values* =

0,000). O Kappa de Cohen, estatística que mede a concordância para itens qualitativos, foi de 0,89, o que indica uma forte concordância (MCHUGH, 2012).

Foram selecionados pela triagem 28 artigos, que passaram para a fase de avaliação de todo seu conteúdo, a qual também foi realizada por pares. Destes, 15 foram eliminados, sendo que as razões para tal, além do fluxo de informações durante as fases da RSL, encontram-se apresentadas na Figura 4.9, seguindo-se o padrão definido por Moher *et al.* (2009).

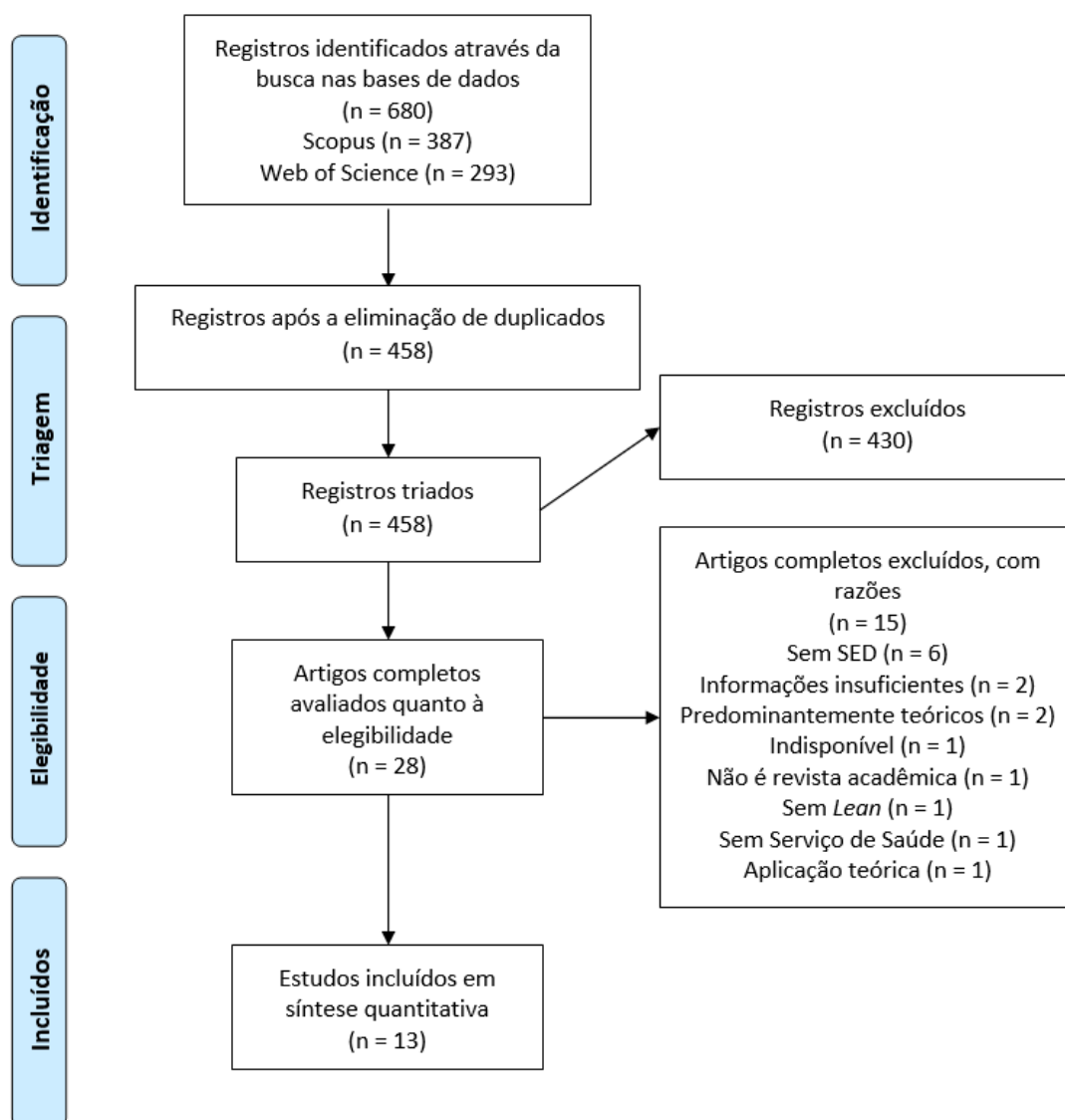


Figura 4.9 – Fluxo de informações da RSL realizada

O Quadro 4.13 reúne os 13 artigos selecionados, apresentando as revistas acadêmicas que os publicaram, assim como países de origem e uma breve descrição. Após a seleção dos

artigos, seguiu-se para a etapa de extração e análise dos dados, a qual será descrita a seguir, de acordo com as recomendações selecionadas.

Quadro 4.13 – Artigos selecionados

Artigo	Revista	País	Descrição
Al-Aomar (2006)	<i>International Journal of Product Development</i>	Jordânia	Design de uma clínica dentária.
Raghavan <i>et al.</i> (2010)	<i>Journal of Healthcare Engineering</i>	Estados Unidos	Hospital, cateterismo cardíaco.
Setijono, Naraghi e Ravipati (2010)	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>	Suécia	Hospital, emergência.
Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012)	<i>Emerging Infectious Diseases</i>	Canadá	Laboratório, processamento de amostras em pandemias.
Swick <i>et al.</i> (2012)	<i>The Journal of Nursing Administration</i>	Estados Unidos	Hospital, atendimento médico.
Bhat, Gijo e Jnanesh (2014)	<i>International Journal of Productivity and Performance Management</i>	Índia	Hospital, registro de pacientes.
Robinson <i>et al.</i> (2014)	<i>European Journal of Operational Research</i>	Reino Unido	Hospital, atendimento oftalmológico.
Yang <i>et al.</i> (2014)	<i>Journal of Medical Systems</i>	Taiwan	Laboratório, processamento de amostras.
Wang <i>et al.</i> (2015)	<i>Industrial Management & Data Systems</i>	Taiwan	Hospital, layout de setor de emergência.
Baril <i>et al.</i> (2016)	<i>European Journal of Operational Research</i>	Canadá	Hospital, tratamentos quimioterápicos e de hematologia.
Doğan e Unutulmaz (2016)	<i>Total Quality Management & Business Excellence</i>	Turquia	Hospital, fisioterapia e reabilitação.
Haddad <i>et al.</i> (2016)	<i>Engineering Management Journal</i>	Libano	Hospital, admissão de pacientes.
Huang e Klassen (2016)	<i>Quality Management Journal</i>	Canadá	Hospital, flebotomia.

- **Formar equipe multidisciplinar e diversificada**

Essa recomendação foi atendida pela maioria dos estudos avaliados. Nove dos 13 artigos evidenciam a criação de equipes multidisciplinares e diversificadas. Para os quatro restantes, Al-Aomar (2006), Setijono, Naraghi e Ravipati (2010), Wang *et al.* (2015) e Yang *et al.* (2014), não foi possível identificar a aderência a essa recomendação, pela ausência de informações nos artigos. Como afirmado anteriormente, isso não significa que a recomendação não foi atendida.

- **Treinar a equipe quanto ao *Lean***

Por outro lado, a maioria dos artigos, dez, não traz informações claras sobre o atendimento ou não à recomendação de treinar a equipe quanto ao *Lean*. Isso pode significar que esses trabalhos não realizaram um treinamento sobre o *Lean* ou, mesmo tendo o realizado, não atribuíram relevância suficiente de modo a descrevê-lo no artigo. Somente três estudos evidenciam o atendimento à essa recomendação: Baril et al (2016), Bhat, Gijo e Jnanesh (2014) e Isaac-Renton *et al.* (2012).

- **Utilizar testes estatísticos adequados e com poder suficiente para validação do modelo computacional**

Mesmo sendo a validação do modelo computacional uma das etapas mais importantes para a avaliação da credibilidade do estudo, sete dos 13 artigos não evidenciam se a validação foi realizada ou como foi realizada. Outros quatro estudos, Baril *et al.* (2016), Raghavan *et al.* (2010), Wang *et al.* (2015) e Yang *et al.* (2014), utilizam uma estratégia de validação inadequada: somente a avaliação da diferença média entre as saídas reais e as simuladas, sem considerar a necessidade de testes estatísticos, devido à natureza estocástica das saídas.

Dos dois estudos restantes, Robinson *et al.* (2014) utilizam a validação face-a-face, que também oferece evidências limitadas quanto à validade do modelo. Entretanto, os autores justificam sua utilização devido ao contexto de realização de um projeto rápido de simulação, com duração de apenas um dia. Assim, os dados de entrada foram estimados pelos participantes do projeto e não foram obtidos dados das saídas reais para validação. Por fim, apenas um estudo, Doğan e Unutulmaz (2016), utiliza testes estatísticos para validação do modelo computacional. Entretanto, os autores não apresentam o poder do teste utilizado.

Como um dos possíveis impactos da utilização de um modelo computacional inválido é a obtenção de conclusões incorretas sobre os experimentos, seria interessante avaliar se os estudos não aderentes à essa recomendação obtiveram os resultados esperados, se realizada a implementação no sistema real. Nesse sentido, o estudo de Baril *et al.* (2016), que valida o modelo computacional unicamente por meio das diferenças médias entre as saídas reais e as simuladas, obtém, com a implementação, resultados diferentes dos esperados. Enquanto a SED indicava uma redução de 90% no tempo de espera para realização de tratamentos quimioterápicos e de hematologia, a redução real obtida foi de 74%. Os autores consideram que, mesmo com essa diferença, o resultado foi positivo e atribuem o desvio à simplificação adotada para o modelo. Entretanto, com as informações disponíveis, não é possível avaliar se a diferença entre esperado e obtido foi causada por problemas na validação do modelo computacional que poderiam ser evitados com a aderência à recomendação em análise.

- **Focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios**

Foram identificados 17 diferentes tipos de ações consideradas nos projetos de LHS, os quais se encontram apresentados no Quadro 4.14. Essas ações não se restringem àquelas testadas por meio de SED, mas, englobam todas as ações consideradas durante o projeto. No total, os 17 tipos de ações foram adotados 42 vezes, sendo que em 35 (83,3%) delas houve teste por meio de SED.

A ação mais frequente nos projetos de LHS é a adição de recursos: oito dos 13 estudos realizam algum experimento nesse sentido. Porém, como afirmado anteriormente, para que o projeto tenha aderência à filosofia *Lean*, é necessário que a melhoria dos resultados seja buscada prioritariamente por meio da eliminação dos desperdícios e não pela adição de recursos. Entretanto, alguns dos estudos não demonstraram ter buscado tal realização. Por exemplo, Setijono, Naraghi e Ravipati (2010) avaliam apenas a adição de recursos, não testando qualquer ação para redução dos desperdícios. Assim, há indícios de incongruências entre a maioria dos projetos e a filosofia *Lean*.

Entretanto, poderia se argumentar que nem sempre é possível obter uma melhoria suficiente somente por meio da eliminação dos desperdícios, sendo necessário, eventualmente, se recorrer a aumentos na quantidade de recursos. De qualquer modo, quando se opta pela adição de recursos, seja como primeira ou última opção, é importante considerar o impacto dos custos decorrentes. Caso contrário, apesar de poder apresentar

melhora em seus resultados operacionais, o processo pode se tornar até mesmo economicamente inviável, caso os novos custos sejam elevados.

Quadro 4.14 – Tipos de ações consideradas pelos estudos

Tipos de ações consideradas (frequência)	Autores
Adição de recursos (8).	Al-Aomar (2006), Baril <i>et al.</i> (2016), Haddad <i>et al.</i> (2016), Huang e Klassen (2016), Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012), Raghavan <i>et al.</i> (2010), Setijono, Naragh, e Ravipati (2010) e Swick <i>et al.</i> (2012)
Balanceamento, redistribuição de tarefas e multifuncionalidade (5).	Al-Aomar (2006), Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012), Swick <i>et al.</i> (2012), Wang <i>et al.</i> (2015) e Yang <i>et al.</i> (2014)
5S (4).	Bhat, Gijo e Jnanesh (2014)*, Haddad <i>et al.</i> (2016), Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012)* e Raghavan <i>et al.</i> (2010)*
Simplificação, redução ou eliminação de atividades que não agregam valor (3).	Doğan e Unutulmaz (2016), Huang e Klassen (2016) e Raghavan <i>et al.</i> (2010)
Alteração na sequência ou no momento de realização de atividades (3).	Baril <i>et al.</i> (2016), Huang e Klassen (2016), Robinson <i>et al.</i> (2014)
<i>Poka-Yoke</i> e <i>Andon</i> (3).	Bhat, Gijo e Jnanesh (2014)*, Haddad <i>et al.</i> (2016) e Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012)*
Alteração de <i>layout</i> (2).	Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012) e Yang <i>et al.</i> (2014)
Redução de recursos (2).	Swick <i>et al.</i> (2012) e Wang <i>et al.</i> (2015)
Alteração de regras de agendamento (2).	Al-Aomar (2006) e Baril <i>et al.</i> (2016)
Alteração na formação de lote (2).	Baril <i>et al.</i> (2016) e Yang <i>et al.</i> (2014)
Padronização (2).	Bhat, Gijo e Jnanesh (2014)* e Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012)
Adição de espaço ou locais (1).	Al-Aomar (2006)
Alteração de prioridades (1).	Huang e Klassen (2016)
Aumento na disponibilidade de materiais (1).	Raghavan <i>et al.</i> (2010)
<i>Constant Work in Process</i> (1).	Yang <i>et al.</i> (2014)
Fluxo contínuo (1).	Wang <i>et al.</i> (2015)
Gestão visual (1).	Isaac-Renton <i>et al.</i> (2012)*

*Ação não testada por meio de SED

A consideração dos custos decorrentes da adição de recursos não foi apresentada pela maioria dos artigos. Dos oito estudos que adicionam recursos, apenas Swick *et al.* (2012) consideram os custos então decorrentes. Os autores demonstram de forma adequada que, ao se adicionar recursos identificados como gargalos e se reduzir aqueles mais ociosos, pode ser possível obter tanto melhorias nos custos quanto nos resultados operacionais.

Com isso, conclui-se que sete dos 13 estudos adicionam recursos como única ou uma de suas ações e não consideram o impacto dos custos gerados. Esses estudos foram considerados não aderentes à recomendação de focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios, pois não demonstraram que a adição de recursos foi realmente necessária e economicamente vantajosa.

- **Avaliar a qualidade de conformidade**

A avaliação, por meio de SED, da variabilidade do processo ou da ocorrência de não conformidades não foi evidenciada em 11 dos 13 estudos, o que foi feito somente por Al-Aomar (2006) e Doğan e Unutulmaz (2016). Al-Aomar (2006) demonstra a melhoria na qualidade de conformidade em uma clínica dentária, avaliando as variabilidades do tempo de permanência e do número de pacientes atendidos. Já Doğan e Unutulmaz (2016) obtêm reduções nas variabilidades do tempo de permanência e do tempo de não agregação de valor em um departamento de fisioterapia e reabilitação.

Outros dois estudos consideram a qualidade de conformidade, porém, não a avaliam por meio da SED. Bhat, Gijo e Jnanesh (2014) reduzem a variabilidade no tempo de ciclo de registro em um hospital, enquanto Baril *et al.* (2016) obtêm melhorias em relação à variabilidade do tempo de espera para tratamentos de hematologia e oncologia. Em ambos os casos, seria possível avaliar a qualidade de conformidade por meio de SED, o que atenderia à recomendação formulada. Avaliar esse aspecto somente após a implementação dos resultados no sistema real, caso desses estudos, pode acarretar em riscos para os pacientes e/ou outros envolvidos, se as ações, na realidade, deteriorarem a qualidade de conformidade. Portanto, por mais que tenham apresentado resultados positivos, ambos os trabalhos foram considerados não aderentes à recomendação em análise.

- **Utilizar técnicas adequadas para planejamento dos experimentos**

Já em relação ao planejamento dos experimentos, não há uma predominância de atendimento ou não à recomendação. Inicialmente, é preciso destacar que em três estudos não se fazia necessária a utilização de técnicas para planejamento dos experimentos. Bhat, Gijo e Jnanesh (2014) não realizam experimentos, Robinson *et al.* (2014) testam somente uma alteração no modelo computacional e Wang *et al.* (2015) partem diretamente para a otimização via simulação.

Em outros três estudos, Isaac-Renton *et al.* (2012), Raghavan *et al.* (2010) e Swick *et al.* (2012), não foi possível identificar se foi utilizada ou não alguma técnica para planejamento dos experimentos. Dos seis estudos restantes, quatro adotam técnicas adequadas para planejamento de experimentos. Al-Aomar (2006), Setijono, Naraghi e Ravipati (2010) e Yang *et al.* (2014) utilizam arranjos fatoriais completos de dois ou três níveis. Já Huang e Klassen (2016) elaboram seu arranjo personalizado, partindo-se de um fatorial completo, porém, eliminando os experimentos que consideram combinações de ações que não fazem sentido.

Por fim, dois estudos, Doğan e Unutulmaz (2016) e Baril *et al.* (2016), não utilizam o planejamento de experimentos. Doğan e Unutulmaz (2016) testam a eliminação de atividades que não agregam valor, criando, para tanto, dois cenários. O primeiro com uma pequena redução das atividades que não agregam valor e o segundo com uma redução mais acentuada. Na realidade, cada um dos cenários foi formado por um conjunto de alterações, testadas em bloco. Desse modo, como as alterações foram testadas conjuntamente, não é possível avaliar se cada uma, individualmente, é vantajosa ou não. Caso fosse utilizada alguma técnica de planejamento de experimentos, possivelmente seriam obtidas evidências quanto aos efeitos individuais das alterações, assim como aqueles de suas combinações.

- **Avaliar os resultados dos experimentos por meio de testes estatísticos adequados**

Por fim, a maioria dos estudos (oito) não atendeu à recomendação de avaliar os resultados dos experimentos por meio de testes estatísticos adequados. O trabalho de Setijono, Naraghi e Ravipati (2010) pode ser utilizado para demonstrar o impacto desse não atendimento. Os autores chegam a planejar os experimentos por meio de um arranjo fatorial completo, utilizando, como fatores, os números de cirurgiões e de médicos em

um departamento de emergência e, como saídas, o tempo médio de não agregação de valor e o tempo médio de permanência do paciente. A Tabela 4.10 apresenta os resultados obtidos nos experimentos realizados pelo estudo.

Tabela 4.10 – Experimentos realizados e seus resultados

Experimento	Número de cirurgiões	Número de médicos	Tempo médio de não agregação de valor (minutos)	Tempo médio de permanência (minutos)
1	1	2	130,8	420,5
2	1	3	136,8	435,5
3	1	4	128,9	418,9
4	2	2	136,7	463,6
5	2	3	134,8	461,7
6	2	4	135,4	472,9
7	3	2	139,5	443,6
8	3	3	133,5	446,7
9	3	4	137,8	475,9

Fonte: adaptado de Setijono, Naraghi e Ravipati (2010)

Ao invés de analisar os resultados por meio de testes estatísticos, os autores somente escolhem o experimento que apresenta os melhores (menores) resultados, no caso, o experimento de número 3. Entretanto, ao se realizar a análise dos experimentos por meio de ANOVAs, identifica-se que não há evidências suficientes para afirmar que o número de cirurgiões, o número de médicos ou sua interação impactam o sistema. Nesse sentido, se nenhum dos fatores avaliados melhora significativamente os resultados, não se justifica qualquer alteração no sistema real.

Indo além da análise quanto a essa recomendação, ao se avaliar o estudo completo, é possível identificar uma provável causa da não significância dos fatores avaliados pelos autores. Ao considerar os dados de entrada, Setijono, Naraghi e Ravipati (2010) modelam, além dos tempos entre chegadas e tempos das atividades, os tempos de espera para as atividades realizadas pelos cirurgiões e médicos. Geralmente, em um modelo de simulação, especificar, como dado de entrada, um tempo de espera pré-determinado é um erro, pois tempos de espera são indicadores da capacidade do sistema, fato que a maioria

dos estudos visa investigar ao invés de especificar preliminarmente. Dessa forma, ao especificar o tempo de espera, o sistema simulado não reage a alterações de capacidade, fato que ocorreu com o estudo de Setijono, Naraghi e Ravipati (2010). Isso traz indícios de que a recomendação 1.4, de inclusão na equipe um modelador com experiência suficiente, pode ter sido violada.

Em relação aos demais artigos, para dois deles, essa recomendação não foi aplicável. Bhat, Gijo e Jnanesh (2014) não realizam experimentos e Robinson *et al.* (2014) não focam o uso de SED para avaliação detalhada dos resultados das ações propostas, mas, sim, para fomentar o entendimento sobre o processo e a discussão em equipe.

Por fim, apenas três atendem à essa recomendação. Al-Aomar (2006) e Huang e Klassen (2016) utilizam Análise de Variância (ANOVA) para avaliar os resultados dos experimentos. Já Doğan e Unutulmaz (2016) avaliam os seus resultados por meio de um teste estatístico, porém, sem citar qual o teste escolhido.

Mesmo não se avaliando os estudos em relação a todas as 22 recomendações reunidas, é possível concluir que, de maneira geral, os poucos projetos de LHS publicados na literatura não têm atendido a todas as recomendações.

No total, existiam 91 oportunidades de atendimento às recomendações (13 artigos * 7 recomendações avaliadas). Em 34 dessas oportunidades (37,4%), houve adequado atendimento ou a recomendação não era aplicável. Em 33 (36,3%), não houve atendimento e, em 24 (26,4%), não foi possível avaliar a aderência à recomendação, devido à insuficiência de informações no artigo.

Diante desses dados, é possível identificar um considerável potencial de apoio do *checklist* a projetos futuros. Se os projetos identificados por meio da RSL o tivessem utilizado, possivelmente, o elevado grau de não atendimento às recomendações seria reduzido, assim como o número de casos em que não foi possível avaliar esse atendimento.

Prosseguindo-se a análise dos resultados, das sete recomendações avaliadas, três não foram adotadas por pelo menos metade dos estudos:

- **Focar o ganho de eficiência por meio da eliminação de desperdícios:** nesses casos, os projetos se distanciam da filosofia *Lean*, na medida em que obtém uma melhora nos resultados por meio da adição de recursos, sem considerar os custos decorrentes. Como os projetos não evidenciam o impacto desses custos, faltam

evidências de que foram realmente bem-sucedidos, como declarado, melhorando resultados operacionais e econômicos;

- **Avaliar a qualidade de conformidade:** a melhoria na média de um indicador não é evidência suficiente de que a qualidade de conformidade foi melhorada. Desse modo, faltam evidências de que o projeto realmente conseguiu melhorar a qualidade de conformidade no processo estudado. Caso as médias dos indicadores tenham melhorado, mas a variabilidade tenha aumentado significativamente, os impactos da qualidade de conformidade podem ter sido nulos ou negativos;
- **Utilizar testes estatísticos adequados para avaliar os resultados dos experimentos:** avaliar os resultados dos experimentos somente pela comparação simples de médias pode oferecer poucas evidências sobre o impacto das ações testadas e, conseqüentemente, sobre o êxito do projeto. Assim, quando não realizados testes estatísticos adequados, a credibilidade dos resultados pode ser significativamente comprometida, como foi o caso de Setijono, Naraghi e Ravipati (2010). Para esses artigos, não há evidências suficientes de que o projeto de LHS levou ou levaria a uma evolução no sistema.

Como observado, o não atendimento a qualquer dessas três recomendações coloca em dúvida o êxito do projeto de LHS, o que ocorreu em quase todos os artigos, 12 de 13. Tal fato evidencia o potencial de contribuição do *checklist* desenvolvido.

Por fim, destaca-se que nenhum dos artigos logrou êxito em atender a todas as sete recomendações avaliadas, indicando, mais uma vez, a oportunidade que o *checklist* pode representar, diante das amplas deficiências apresentadas pelos projetos de LHS publicados.

O Apêndice A sumariza os resultados da RSL, apresentando o atendimento de cada artigo às recomendações.

5. CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho serão discutidas em quatro tópicos: síntese dos resultados, limitações da pesquisa, sugestões para trabalhos futuros e considerações finais.

5.1. Síntese dos resultados

Integrar o *Lean* e a SED em projetos de melhoria em serviços de saúde pode trazer importantes vantagens. O *Lean* oferece benefícios na medida em que auxilia o projeto a

obter melhorias por meio da eliminação de desperdícios, além de apoiar a compreensão do sistema e do problema e dar suporte à identificação de soluções, por meio de suas técnicas e conceitos. Já a SED traz ganhos significativos para avaliação das soluções propostas, além de auxiliar a quebra de barreiras relacionadas aos recursos humanos, como resistência a mudanças, e permitir que o problema e o sistema sejam mais bem compreendidos.

Entretanto, identificou-se que, devido ao aumento de complexidade, a integração LHS eleva o número de potenciais causas de falhas nos projetos de melhoria: por meio de uma revisão da literatura, foram reunidas 22 potenciais causas de falhas em projetos de LHS, parte relacionada ao *Lean* e parte relacionada à SED.

A ocorrência de tais causas de falhas pode levar a graves comprometimentos no projeto, tanto em sua condução quanto em seus resultados, o que foi constatado com o desenvolvimento de dois projetos (A e B). Ambos os projetos apresentaram causas de falhas que levaram ao insucesso em alguns dos estágios definidos por Robinson e Pidd (1998). Além disso, a experiência com a condução desses projetos permitiu complementar a lista de potenciais causas de falhas, totalizando 23 potenciais causas que devem receber atenção em futuros projetos.

Com o objetivo de evitar a ocorrência das causas de falhas, 22 recomendações para projetos de LHS foram reunidas, as quais foram organizadas por meio de um *checklist*. Para avaliá-lo, o projeto B foi reconduzido, porém, desta vez, com sua utilização. Nessa recondução, com apoio do *checklist*, ao contrário de todos os projetos identificados na literatura e dos projetos A e B (original), todas as recomendações aplicáveis foram cumpridas. O projeto demonstrou a possibilidade de redução de cerca de 30% nos tempos até o atendimento médico para todas as classes de pacientes avaliadas. Além disso, indicou ser possível obter um aumento de 33,7 pontos percentuais na taxa de conformidade. Com isso, 97,1% dos pacientes poderiam ser atendidos dentro do tempo recomendado. Tais resultados positivos foram aceitos pela equipe, fazendo com que o projeto atingisse o segundo estágio de sucesso definido por Robinson e Pidd (1998), o que não foi alcançado com os projetos A e B (original). Esse fato demonstra os benefícios da utilização do *checklist* de recomendações.

De uma maneira geral, o *checklist* contribuiu ao indicar todas as recomendações que deveriam ser seguidas, caso aplicáveis, e na ordem de sua necessária realização. Além

disso, em especial, contribuiu para que as falhas específicas que haviam ocorrido na primeira condução do projeto B fossem evitadas.

Além disso, por meio da RSL, obteve-se mais evidências do potencial do *checklist* em apoiar projetos futuros. Nesse sentido, concluiu-se que os poucos projetos de LHS publicados não têm atendido a todas recomendações reunidas, surgindo dúvidas importantes quanto a seu declarado sucesso. Em especial, foram identificadas as falhas de busca da melhoria por meio da adição de recursos, sem considerar os custos decorrentes; de não consideração adequada da qualidade de conformidade do processo; da construção de evidências limitadas quanto aos resultados dos experimentos, devido à não utilização de testes estatísticos; e, por fim, a utilização de modelos computacionais com validação limitada. Nenhum dos projetos analisados logrou êxito em atender a todas as recomendações. Logo, é possível que, com a utilização do *checklist*, o alto grau de não atendimento às recomendações fosse reduzido significativamente.

Com isso, é possível concluir que o *checklist* de recomendações para projetos de LHS pode oferecer um importante apoio no desenvolvimento de novos projetos, indicando os principais aspectos que devem ser considerados, evitando, assim, a ocorrência de inúmeras falhas e elevando suas chances de sucesso.

5.2. Limitações da pesquisa

É oportuno discutir duas limitações à pesquisa realizada. A primeira delas se refere ao desenvolvimento de apenas um projeto de LHS que adotasse o *checklist* desenvolvido. Assim, são limitadas as evidências quanto a possibilidade de generalização dos resultados. Entretanto, a escolha pela realização de apenas um projeto com esse objetivo, a recondução do projeto B, ocorreu devido a restrições materiais e temporais. Para contornar essa limitação, optou-se pela discussão detalhada do projeto, de modo a reunir o maior número possível de evidências quantitativas e qualitativas sobre sua condução e resultados.

Já a segunda limitação se deve ao fato de que nenhum dos projetos desenvolvidos foi avaliado em relação aos quatro estágios de sucesso definidos por Robinson e Pidd (1998). Esses estágios não foram avaliados em sua totalidade no presente estudo devido a limitações temporais. Entretanto, como afirmado por Robinson e Pidd (1998), atingir os dois primeiros estágios de sucesso é essencial para que os demais sejam alcançados. Logo, melhorar o desempenho em relação a esses dois estágios já pode ser considerado como

uma contribuição significativa. Além disso, a equipe do projeto B continuará seu desenvolvimento, partindo para o envolvimento da equipe, discussão de propostas de melhoria e implementação, o que permitirá avaliar futuramente os demais estágios de sucesso.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

A identificação de que os projetos de LHS não têm atendido a todas as recomendações e o questionamento quanto a seus declarados sucessos, levanta igualmente dúvidas quanto à qualidade de estudos de áreas correlatas, como os de *Lean*, de SED e de *Lean Simulation*, de uma forma geral. Outros estudos têm levantado essa discussão, como, por exemplo, Cheng *et al.* (2017). Os autores, ao avaliarem 193 artigos de simulação nas áreas de produção e logística, identificam que cerca 90% destes não chegam nem a citar a realização de atividades de validação do modelo computacional. Assim, seria interessante que trabalhos futuros se dedicassem a avaliar a qualidade dos estudos publicados em áreas correlatas.

Da mesma forma que Cheng *et al.* (2017), o presente trabalho apresentou dificuldades em avaliar objetivamente os artigos publicados quanto a realização de certas atividades recomendadas. Isso ocorreu devido à baixa qualidade de relatório de alguns dos estudos e à falta de padronização quanto às informações essenciais que devem constar na descrição de projetos de *Lean* e SED. Trabalhos futuros podem se dedicar a elaborar protocolos que orientem autores na redação de seus artigos sobre *Lean* e SED, indicando quais informações essenciais devem estar presentes. Na área de medicina, há exemplos bem-sucedidos de protocolos com esse objetivo, como o previamente citado PRISMA, para RSLs (MOHER *et al.*, 2009, 2015).

Além disso, novos estudos podem testar e aperfeiçoar o *checklist* desenvolvido, avaliando se seus efeitos realmente são positivos. Cada uma das recomendações definidas pode, eventualmente, ser desdobrada, de modo a oferecer maiores detalhes sobre os aspectos relevantes para seu atendimento. Por exemplo, aspectos relacionados ao número necessário de réplicas e a critérios para escolha dos testes de hipóteses, não considerados no presente trabalho, podem ser abordados. Outras recomendações, que não foquem, necessariamente, a busca por evitar ocorrências de falhas, podem ser adicionadas. Por fim, especialistas podem ser consultados para contribuir com a validação do *checklist* e para indicar o grau de importância de cada uma das recomendações reunidas.

5.4. Considerações finais

Por fim, ressalta-se as produções científicas permitidas por meio do presente estudo e de outros correlacionados. Foram apresentados quatro artigos em congressos nacionais, os quais estão apresentados no Apêndice E, tendo um deles recebido o prêmio de melhor artigo na modalidade apresentação oral no XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), em 2016.

Além disso, o autor participou da *Fourth Annual Healthcare Systems Process Improvement Student Simulation Competition*, como membro da equipe da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. A equipe foi selecionada entre as três melhores, entre 29 equipes participantes de seis diferentes países, sendo que a etapa final da competição ainda ocorrerá oportunamente.

APÊNDICE A – Resultados consolidados da Revisão Sistemática da Literatura

Recomendação - Pergunta	(AL-AOMAR, 2006)	(RAGHAVAN <i>et al.</i> , 2010)	(SETIJONO; NARAGHI; RAVIPATI, 2010)	(ISAAC-RENTON <i>et al.</i> , 2012)	(SWICK <i>et al.</i> , 2012)	(BHAT; GIJO; JNANESH, 2014)	(DOĞAN; UNUTULMAZ, 2016)
1 - Foi formada equipe multidisciplinar e diversificada?	NPI	Sim	NPI	Sim	Sim	Sim	Sim
4 - Foi realizado treinamento sobre o Lean?	NPI	NPI	NPI	Sim	NPI	Sim	NPI
6 - O estudo evita a adição de recursos ou, se não, considera os seus custos decorrentes?	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
9 - O estudo avalia o número de não conformidades ou a variabilidade do processo?	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
17 - O estudo utilizou testes estatísticos para validação do modelo computacional? Se sim, qual o poder do teste?	NPI	Não	NPI	NPI	NPI	NPI	Sim
18 - O estudo utilizou técnicas para planejamento dos experimentos?	Sim	NPI	Sim	NPI	NPI	Não aplicável	Não
19 - O estudo utilizou testes estatísticos para avaliar os resultados dos experimentos?	Sim	Não	Não	Não	Não	Não aplicável	Sim
Total de não atendimentos	1/7	4/7	3/7	3/7	2/7	1/7	1/7

Rcomendação - Pergunta	(ROBINSON <i>et al.</i> , 2014)	(BARIL <i>et al.</i> , 2016)	(WANG <i>et al.</i> , 2015)	(YANG <i>et al.</i> , 2014)	(HADDAD <i>et al.</i> , 2016)	(HUANG; KLASSEN, 2016)	Total de não atendimentos
1 - Foi formada equipe multidisciplinar e diversificada?	Sim	Sim	NPI	NPI	Sim	Sim	0/13
4 - Foi realizado treinamento sobre o Lean?	NPI	Sim	NPI	NPI	NPI	NPI	0/13
6 - O estudo evita a adição de recursos ou, se não, considera os seus custos decorrentes?	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	7/13
9 - O estudo avalia o número de não conformidades ou a variabilidade do processo?	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	10/13
17 - O estudo utilizou testes estatísticos para validação do modelo computacional? Se sim, qual o poder do teste?	Não aplicável	Não	Não	Não	NPI	NPI	4/13
18 - O estudo utilizou técnicas para planejamento dos experimentos?	Não aplicável	Não	Não aplicável	Sim	Não	Sim	3/13
19 - O estudo utilizou testes estatísticos para avaliar os resultados dos experimentos?	Não aplicável	Não	Não	Não	Não	Sim	8/13
Total de não atendimentos	1/7	4/7	3/7	3/7	4/7	2/7	

NPI: não foi possível identificar.

APÊNDICE B – Distribuição empírica para os tempos entre chegadas

Probabilida de	Tempo entre chegadas (min)	Probabilida de	Tempo entre chegadas (min)	Probabilida de	Tempo entre chegadas (min)
47,17%	5,9	1,08%	39,8	0,06%	73,8
23,67%	10,7	0,67%	44,7	0,08%	78,6
11,78%	15,6	0,49%	49,5	0,06%	83,5
6,46%	20,4	0,28%	54,4	0,01%	88,3
4,00%	25,3	0,20%	59,2	0,01%	93,2
2,34%	30,1	0,14%	64,1	0,04%	98,0
1,38%	35,0	0,09%	68,9		

APÊNDICE C – Distribuição empírica para a duração das interrupções

Recepcionista		Enfermeira		Médico	
Probabilidade	Duração (min)	Probabilidade	Duração (min)	Probabilidade	Duração (min)
36,19%	1,65	36,88%	1,90	36,03%	1,55
23,13%	2,30	21,67%	2,80	21,69%	2,10
0,00%	2,95	18,25%	3,70	0,00%	2,65
10,45%	3,60	6,84%	4,60	14,71%	3,20
10,07%	4,25	6,08%	5,50	0,00%	3,75
0,00%	4,90	3,80%	6,40	9,56%	4,30
5,22%	5,55	3,42%	7,30	0,00%	4,85
4,48%	6,20	1,52%	8,20	5,88%	5,40
0,00%	6,85	0,38%	9,10	0,00%	5,95
2,98%	7,50	0,00%	10,00	4,04%	6,50
3,73%	8,15	0,38%	10,90	4,41%	7,05
0,00%	8,80	0,00%	11,80	0,00%	7,60
1,87%	9,45	0,00%	12,70	1,47%	8,15
0,75%	10,10	0,00%	13,60	0,00%	8,70
0,00%	10,75	0,38%	14,50	0,73%	9,25
0,00%	11,40	0,00%	15,40	0,00%	9,80
0,37%	12,05	0,00%	16,30	0,73%	10,35
0,00%	12,70	0,00%	17,20	0,00%	10,90
0,37%	13,35	0,00%	18,10	0,37%	11,45
0,37%	14,00	0,38%	19,00	0,37%	12,00

APÊNDICE D – Arranjo experimental da recondução do projeto B e seus resultados

Variáveis de entrada								Variáveis de saída				
Proposta preliminar A	Proposta preliminar B	Proposta preliminar C	TC triagem (%)	TC consulta (%)	TI médico (%)	TI enfermeira (%)	Velocidade (m/s)	TAM azul (min)	TAM verde (min)	TAM amarelo (min)	TAM laranja (min)	Taxa total de não conformidades (%)
-1	-1	-1	90	90	90	100	44	103,3	90,7	77,9	74,2	12,2%
1	-1	-1	90	90	90	90	40	96,3	80,5	65,5	62,6	8,7%
-1	1	-1	90	90	90	90	40	99,3	86,6	71,4	70,5	15,4%
1	1	-1	90	90	90	100	44	95,4	83,2	66,9	65,0	14,5%
-1	-1	1	90	90	90	90	44	82,8	74,0	64,0	56,9	4,1%
1	-1	1	90	90	90	100	40	93,4	77,2	66,3	60,2	6,5%
-1	1	1	90	90	90	100	40	87,2	76,3	65,1	60,6	4,5%
1	1	1	90	90	90	90	44	101,3	79,8	62,2	67,6	5,3%
-1	-1	-1	100	90	90	90	44	100,7	85,7	72,8	70,7	10,8%
1	-1	-1	100	90	90	100	40	102,9	88,1	75,3	74,3	11,4%
-1	1	-1	100	90	90	100	40	102,7	89,6	76,9	74,5	17,2%
1	1	-1	100	90	90	90	44	99,2	83,5	72,3	72,6	13,5%
-1	-1	1	100	90	90	100	44	85,0	76,8	62,9	67,1	4,7%
1	-1	1	100	90	90	90	40	88,6	81,1	69,8	69,3	6,9%
-1	1	1	100	90	90	90	40	92,4	81,0	68,1	67,1	7,8%
1	1	1	100	90	90	100	44	87,9	78,3	65,4	65,4	5,1%
-1	-1	-1	90	100	90	100	40	122,2	105,2	85,0	84,5	25,6%
1	-1	-1	90	100	90	90	44	119,6	103,5	84,3	78,3	27,1%
-1	1	-1	90	100	90	90	44	122,7	102,8	81,9	79,6	30,2%
1	1	-1	90	100	90	100	40	116,7	102,1	79,5	75,5	31,4%
-1	-1	1	90	100	90	90	40	118,0	96,0	81,3	80,6	23,3%

Variáveis de entrada								Variáveis de saída				
Proposta preliminar A	Proposta preliminar B	Proposta preliminar C	TC triagem (%)	TC consulta (%)	TI médico (%)	TI enfermeira (%)	Velocidade (m/s)	TAM azul (min)	TAM verde (min)	TAM amarelo (min)	TAM laranja (min)	Taxa total de não conformidades (%)
1	-1	1	90	100	90	100	44	110,7	95,9	79,0	78,3	22,5%
-1	1	1	90	100	90	100	44	115,3	102,6	79,8	83,5	25,5%
1	1	1	90	100	90	90	40	109,9	93,0	77,8	81,3	20,5%
-1	-1	-1	100	100	90	90	40	124,7	102,9	86,5	75,6	25,7%
1	-1	-1	100	100	90	100	44	119,6	101,9	80,8	89,6	24,7%
-1	1	-1	100	100	90	100	44	115,3	101,2	83,7	83,4	30,2%
1	1	-1	100	100	90	90	40	121,2	104,0	84,6	92,0	30,8%
-1	-1	1	100	100	90	100	40	111,7	98,0	80,0	82,0	23,8%
1	-1	1	100	100	90	90	44	109,4	92,6	79,2	77,4	18,6%
-1	1	1	100	100	90	90	44	107,8	96,6	84,8	80,2	23,2%
1	1	1	100	100	90	100	40	104,2	98,1	80,5	77,3	22,6%
-1	-1	-1	90	90	100	100	40	106,4	95,9	78,1	77,6	21,1%
1	-1	-1	90	90	100	90	44	114,3	95,5	77,3	85,8	20,5%
-1	1	-1	90	90	100	90	44	119,0	96,5	77,1	79,5	24,0%
1	1	-1	90	90	100	100	40	108,2	99,4	82,6	82,4	28,4%
-1	-1	1	90	90	100	90	40	113,1	93,5	79,0	71,9	18,0%
1	-1	1	90	90	100	100	44	95,3	83,8	65,4	66,8	12,9%
-1	1	1	90	90	100	100	44	97,5	86,8	71,3	71,4	13,5%
1	1	1	90	90	100	90	40	108,4	90,9	70,9	72,3	16,2%
-1	-1	-1	100	90	100	90	40	109,7	99,5	84,5	83,1	23,2%
1	-1	-1	100	90	100	100	44	109,3	96,6	80,6	87,2	20,8%
-1	1	-1	100	90	100	100	44	105,1	95,2	78,0	76,1	23,6%
1	1	-1	100	90	100	90	40	116,3	98,1	76,9	79,4	25,8%

Variáveis de entrada								Variáveis de saída				
Proposta preliminar A	Proposta preliminar B	Proposta preliminar C	TC triagem (%)	TC consulta (%)	TI médico (%)	TI enfermeira (%)	Velocidade (m/s)	TAM azul (min)	TAM verde (min)	TAM amarelo (min)	TAM laranja (min)	Taxa total de não conformidades (%)
-1	-1	1	100	90	100	100	40	98,0	92,0	75,9	83,9	17,2%
1	-1	1	100	90	100	90	44	105,7	88,0	71,4	75,1	14,7%
-1	1	1	100	90	100	90	44	100,1	89,5	76,3	79,3	16,8%
1	1	1	100	90	100	100	40	99,6	88,6	73,7	75,5	15,7%
-1	-1	-1	90	100	100	100	44	133,5	115,0	92,0	90,7	33,6%
1	-1	-1	90	100	100	90	40	127,0	112,5	85,6	88,5	33,8%
-1	1	-1	90	100	100	90	40	124,1	112,2	91,3	93,2	39,3%
1	1	-1	90	100	100	100	44	128,3	111,7	90,0	86,8	38,8%
-1	-1	1	90	100	100	90	44	135,5	111,7	89,3	90,4	33,9%
1	-1	1	90	100	100	100	40	129,6	109,5	85,0	87,0	32,1%
-1	1	1	90	100	100	100	40	119,9	105,7	89,0	78,2	31,3%
1	1	1	90	100	100	90	44	135,4	110,6	84,9	78,3	33,6%
-1	-1	-1	100	100	100	90	44	128,0	115,2	91,3	88,7	34,1%
1	-1	-1	100	100	100	100	40	137,1	114,0	95,8	94,6	35,3%
-1	1	-1	100	100	100	100	40	128,9	116,2	93,1	91,0	42,5%
1	1	-1	100	100	100	90	44	136,1	115,5	86,4	94,3	42,2%
-1	-1	1	100	100	100	100	44	124,1	108,8	89,6	93,5	32,9%
1	-1	1	100	100	100	90	40	126,2	106,3	82,8	91,6	30,8%
-1	1	1	100	100	100	90	40	123,4	111,3	88,0	94,7	33,7%
1	1	1	100	100	100	100	44	130,9	108,6	90,1	102,4	32,7%

TC: tempo de ciclo, TI: tempo de interrupção, TAM: tempo até atendimento médico.

APÊNDICE E – Publicações realizadas

CAMPOS, A. T.; TORRES, A. F.; GABRIEL, G. T.; MONTEVECHI, J. A. B.; QUEIROZ, J. A.; LEAL, F. Análise da qualidade da modelagem conceitual e de sua importância para a coleta de dados no projeto de simulação de uma unidade de pronto atendimento. In: XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2017, Blumenau. XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2017.

CAMPOS, A. T.; TORRES, A. F.; MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; QUEIROZ, J. A. Comparação entre as técnicas de modelagem conceitual via IDEF-SIM, fluxograma e mapofluxograma para a simulação de processos hospitalares. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2017, Joinville. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2017.

CAMPOS, A. T.; QUEIROZ, J. A.; MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PEREIRA, A. P. Integração entre Lean Office e simulação a eventos discretos: um estudo de caso no setor de autopeças. In: XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2016, Vitória. XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2016.

CAMPOS, A. T.; QUEIROZ, J. A.; LEAL, F.; YAMANE, A. K. Uma proposta de implantação dos conceitos do Lean Office em uma empresa do setor de autopeças. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016. **Ganhador do prêmio de melhor artigo na categoria apresentação oral.**

REFERÊNCIAS

- ABEPRO. **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. Disponível em: <<https://abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- AKPAN, I. J.; BROOKS, R. J. Experimental evaluation of user performance on two-dimensional and three-dimensional perspective displays in discrete-event simulation. **Decision Support Systems**, v. 64, p. 14–30, 2014.
- AL-AOMAR, R. A simulation-based DFSS for a lean service system. **International Journal of Product Development**, v. 3, n. 3–4, p. 349–368, 2006.
- ANNINO, J. S.; RUSSELL, E. C. Ten most frequent causes of simulation analysis failure and how to avoid them! **Simulation**, v. 32 n 6, n. 60 Publ in Simulation, p. 137–140, 1979.
- ARISHA, A.; RASHWAN, W. **Modeling of Healthcare Systems: past, current and future trends**. Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...**2016
- ASPDEN, A. J.; DAY, M. S.; BELL, J. B. Three-dimensional direct numerical simulation of turbulent lean premixed methane combustion with detailed kinetics. **Combustion and Flame**, v. 166, p. 266–283, 2016.
- BABASHOV, V. et al. Reducing Patient Waiting Times for Radiation Therapy and Improving the Treatment Planning Process: a Discrete-event Simulation Model (Radiation Treatment Planning). **Clinical Oncology**, v. 29, n. 6, p. 385–391, 2017.
- BAESLER, F. et al. Analysis of inventory strategies for blood components in a regional blood center using process simulation. **Transfusion**, v. 54, n. 2, p. 323–330, 2014.
- BAINES, T. et al. Humans: The missing link in manufacturing simulation? **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 12, n. 7–8 SPEC. ISS., p. 515–526, 2004.
- BANERJEE, A. et al. Hypothesis testing, type I and type II errors. **Industrial Psychiatry Journal**, v. 18, n. 2, p. 127, 2009.
- BANKS, J. (ED.). **Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice**. 1. ed. New York: John Wiley and Sons Inc., 1998.
- BANKS, J.; GIBSON, R. Don't simulate when: 10 rules for determining when simulation is not appropriate. **IIE Solutions**, 1997.
- 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.
- BARIL, C. et al. The importance of considering resource's tasks when modeling

healthcare services with discrete-event simulation: An approach using work sampling method. **Journal of Simulation**, v. 11, n. 2, p. 103–114, 2017.

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.

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.

BOWERS, J.; GHATTAS, M.; MOULD, G. Exploring alternative routes to realising the benefits of simulation in healthcare. **Journal of the Operational Research Society**, v. 63, n. 10, p. 1457–1466, 2012.

BRAILSFORD, S. C. et al. An analysis of the academic literature on simulation and modelling in health care. **Journal of Simulation**, v. 3, n. 3, p. 130–140, 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>

BRASIL. **Supremo Tribunal Federal. Agravo Regimental no Recurso Extraordinário com Agravo nº 926.469. Agravante: Distrito Federal. Agravado: Lizzie Andrea Machado Silva. Relator: Ministro Roberto Barroso.** Brasília, 2016. Disponível em:

<<http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=11202259>>

BURES, M.; PIVODOVA, P. **Comparison of time standardization methods on the basis of real experiment.** Procedia Engineering. **Anais...2015**

CHENG, R. et al. **Simulation: The past 10 years and the next 10 years.** Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...2017**

CHRIST, M. et al. Modern triage in the emergency department. **Deutsches Arzteblatt**, v. 107, n. 50, p. 892–898, 2010.

CHWIF, L. et al. A framework for specifying a discrete-event simulation conceptual model. **Journal of Simulation**, v. 7, n. 1, p. 50–60, 2013.

CHWIF, L.; PEREIRA, W. I.; MONTEVECHI, J. A. B. **Are visually appealing simulation models preferable?** Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...2016**

COGHLAN, D.; BRANNICK, T. **Doing action research in your own organization.** 2. ed. London: SAGE Publications Inc., 2005.

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. e99–e120, 2017.

CRD. **Systematic Reviews**. 1. ed. York: Centre for Reviews and Dissemination, 2009.

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

DAGKAKIS, G.; HEAVEY, C. A review of open source discrete event simulation software for operations research. **Journal of Simulation**, v. 10, n. 3, p. 1–14, 2016.

DEHGHANI, M. et al. A Step-by-Step Framework on Discrete Events Simulation in Emergency Department; A Systematic Review. **Bulletin of Emergency and Trauma**, v. 5, n. 2, p. 79–89, 2017.

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.

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.

GALLET, C. A.; DOUCOULIAGOS, H. B. The impact of healthcare spending on health outcomes: A meta-regression analysis. **Social Science and Medicine**, v. 179, p. 9–17, 2017.

GOIENETXEA URIARTE, A. et al. How can decision makers be supported in the improvement of an emergency department? A simulation, optimization and data mining approach. **Operations Research for Health Care**, v. 15, p. 102–122, 2017.

GOLDSMAN, D. M.; YAACOUB, T.; SARGENT, R. G. **A tutorial on the operational validation of simulation models**. Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...2017**

GRABAN, M. **Lean Hospitals: improving quality, patient safety, and employee engagement**. 3. ed. New York: Productivity Press, 2016.

GRANT, K. P.; HALLAM, C. R. A. Team performance in a lean manufacturing operation: It takes the will and a way to succeed. **International Journal of Technology Management**, v. 70, n. 2–3, p. 177–192, 2016.

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

HEYMANN, J. et al. Constitutional rights to health, public health and medical care: The

- status of health protections in 191 countries. **Global Public Health**, v. 8, n. 6, p. 639–653, 2013.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean**. 1. ed. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, 2000.
- HOLMES, S.; SUSTEIN, C. R. **The Costs of Rights**. 1. ed. New York: W. W. Norton & Company, 2000.
- HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 420–437, 2007.
- 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.
- HUSSEIN, N. A. et al. Mitigating overcrowding in emergency departments using Six Sigma and simulation: A case study in Egypt. **Operations Research for Health Care**, v. 15, p. 1–12, 2017.
- ISAAC-RENTON, J. L. . B 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.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6th. ed. Upper Saddle River: [s.n.].
- KRAFCIK, J. Triumph of the Lean Production System. **MIT Sloan Management Review**, v. 30, n. 1, p. 40–52, 1988.
- LATINOBARÓMETRO. **Latinobarómetro 2015**. Disponível em: <<http://www.latinobarometro.org/latOnline.jsp>>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- LAW, A. **Simulation Modeling and Analysis**. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- LEAL, F. **Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados. 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.**
- LEYER, M.; VOGEL, L.; MOORMANN, J. Twenty years research on lean management in services: Results from a meta-review. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 21, n. 4, p. 389–419, 2015.
- LONGONI, A.; CAGLIANO, R. Cross-functional executive involvement and worker involvement in lean manufacturing and sustainability alignment. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 35, n. 9, p. 1332–1358, 2015.

- MACKWAY-JONES, K.; MARSDEN, J.; WINDLE, J. (EDS.). **Emergency triage**. 2. ed. Malden: Blackwell Publishing Ltd, 2006.
- MACRÌ, D. M.; TAGLIAVENTI, M. R.; BERTOLOTTI, F. A grounded theory for resistance to change in a small organization. **Journal of Organizational Change Management**, v. 15, n. 3, p. 292–310, 2002.
- MARIN-GARCIA, J. A.; BONAVIA, T. Relationship between employee involvement and lean manufacturing and its effect on performance in a rigid continuous process industry. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 11, p. 3260–3275, 2015.
- MCHUGH, M. L. Interrater reliability: The kappa statistic. **Biochemia Medica**, v. 22, n. 3, p. 276–282, 2012.
- MELLO, C. H. P. et al. Action research in production engineering: A structure proposal for its conduction. **Producao**, v. 22, n. 1, p. 1–13, 2012.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4, p. 264–269, 2009.
- MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic Reviews**, v. 4, n. 1, 2015.
- MONTEVECHI, J. A. B. et al. **Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company**. Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...**Baltimore, MD: 2010
- MONTEVECHI, J. A. B. et al. **Identification of the main methods used in simulation projects**. Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...**2016
- MONTGOMERY, D. **Design and Analysis of Experiments**. 8. ed. New Jersey: Willey, 2012.
- MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 6. ed. Hoboken: John Wiley and Sons Inc., 2013.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2008.
- MURRAY, C. J. et al. Global, regional, and national disability-adjusted life years (DALYs) for 306 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 188 countries, 1990-2013: Quantifying the epidemiological transition. **The Lancet**, v. 386, n. 10009, p. 2145–2191, 2015.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

- PAIVA, C. N. **A relevância do fator humano na simulação computacional**. 2010. 166 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.**
- PEREIRA, T. F. **Metodologia para Gerenciamento de Projetos de Simulação a Eventos Discretos baseada no PMBOK®: Pesquisa-Ação em uma empresa de alta tecnologia**. 2017. 196 f. **Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.**
- PINTO, L. R. et al. **Analisis of hospital bed capacity via queuing theory and simulation**. Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...2015**
- PITT, M. **Simulation for Strategic Planning in Health Care – “The State of the Art”**. Disponível em:
<<http://www.institute.nhs.uk/images//%0Adocuments/BuildingCapability/ScenarioGenerator/state-of-the-art.pdf>>.
- 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.
- RIORDAN, P. The philosophy of action science. **Journal of Managerial Psychology**, v. 10, n. 6, p. 6–13, 1995.
- ROBINSON, S. Soft with a hard centre: Discrete-event simulation in facilitation. **Journal of the Operational Research Society**, v. 52, n. 8, p. 905–915, 2001.
- ROBINSON, S. et al. (EDS.). **Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation**. 1. ed. Boca Raton: [s.n.].
- 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.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. **Journal of Simulation**, v. 7, n. 1, p. 12–24, 2013.
- SARGENT, R. G. An interval statistical procedure for use in validation of simulation models. **Journal of Simulation**, v. 9, n. 3, p. 232–237, 2015.
- SARGENT, R. G.; GOLDSMAN, D. M.; YAACOUB, T. **Use of the interval statistical procedure for simulation model validation**. Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...2016**

- SCHNEIDER, S. M. et al. Treadmill exercise within lower body negative pressure protects leg lean tissue mass and extensor strength and endurance during bed rest. **PHYSIOLOGICAL REPORTS**, v. 4, n. 15, 2016.
- 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.
- SHI, W.; KLEIJNEN, J. P. C. Testing the assumptions of sequential bifurcation for factor screening. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 81, p. 85–99, 2018.
- SHI, W.; KLEIJNEN, J. P. C.; LIU, Z. Factor screening for simulation with multiple responses: Sequential bifurcation. **European Journal of Operational Research**, v. 237, n. 1, p. 136–147, 2014.
- SILVA, J. A. **Aplicabilidade das normas constitucionais**. 8. ed. São Paulo: Malheiros, 2012.
- SKOOGH, A.; PERERA, T.; JOHANSSON, B. Input data management in simulation - Industrial practices and future trends. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 29, p. 181–192, 2012.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2015.
- 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.
- 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.
- TAKO, A. A. Exploring the model development process in discrete-event simulation: Insights from six expert modellers. **Journal of the Operational Research Society**, v. 66, n. 5, p. 747–760, 2015.
- TORRES, A. F. **A influência de diferentes estratégias de cronometragem e modelagem de tempos na validação operacional de um modelo de simulação**. 2017. 89 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá**, 2017.
- TOUSSAINT, J. S.; BERRY, L. L. The Promise of Lean in Health Care. **MAYO CLINIC PROCEEDINGS**, v. 88, n. 1, p. 74–82, jan. 2013.
- VILELA, F. F. **Modelagem do ritmo do trabalho humano em um projeto de simulação através da criação de cenários com múltiplas distribuições**. 83 f.

Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Ita, 2015.

WACKERBARTH, S. B. .; STRAWSER-SRINATH, J. R. .; CONIGLIARO, J. C. . The Human Side of Lean Teams. **American Journal of Medical Quality**, v. 30, n. 3, p. 248–254, 2015.

WANG, T. 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.

WEIGEL, W. A. Redesigning an airway cart using lean methodology. **Journal of Clinical Anesthesia**, v. 33, p. 273–282, 2016.

WILLIAMS, E. J.; ULGEN, O. M. **Pitfalls in managing a simulation project.** Proceedings - Winter Simulation Conference. **Anais...**Berlin: 2012

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World.** New York: Free Press, 1990.

WOODARD, T. D. Addressing variation in hospital quality: Is Six Sigma the answer? **Journal of Healthcare Management**, v. 50, n. 4, p. 226–236, 2005.

YANG, T. et al. The Optimization of Total Laboratory Automation by Simulation of a Pull-Strategy. **Journal of Medical Systems**, v. 39, n. 1, 2014.

YU, Y. et al. Exposure risk of young population to lead: A case study in Le'an River Basin in Jiangxi Province, China. **Environmental Pollution**, v. 209, p. 140–146, 2016.

ZHOU, Q. S.; OLSEN, T. L. Rotating the medical supplies for emergency response: A simulation based approach. **International Journal of Production Economics**, v. 196, p. 1–11, 2018.