



## SIMULAÇÃO APLICADA À MELHORIA DE FLUXO EM UM HOSPITAL PÚBLICO

*SIMULATION APPLIED TO IMPROVING FLOW IN A PUBLIC HOSPITAL*

*SIMULACIÓN APLICADA A LA MEJORA DEL FLUJO EN UM HOSPITAL PÚBLICO*

**Emilli Cássia Souza Lopes<sup>1</sup>, Andressa Clara Barbosa Araujo<sup>2</sup>, & Cristiane Agra Pimentel<sup>3\*</sup>**

<sup>1,3</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências e Tecnologias em Energia e Sustentabilidade

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica

<sup>1</sup>[emilli.cassia@aluno.ufrb.edu.br](mailto:emilli.cassia@aluno.ufrb.edu.br) <sup>2</sup>[andressaaraujo@ufba.br](mailto:andressaaraujo@ufba.br) <sup>3\*</sup>[cristianepimentel@aluno.ufrb.edu.br](mailto:cristianepimentel@aluno.ufrb.edu.br)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 19.07.2024

Aprovado: 31.08.2024

Disponibilizado: 12.09.2024

**PALAVRAS-CHAVE:** Lean Healthcare. Saúde 4.0. Simulação.

**KEYWORDS:** Lean Healthcare. Health 4.0. Simulation.

**PALABRAS CLAVE:** Lean Healthcare. Salud 4.0. Simulación.

\*Autor Correspondente: Pimentel, C. A.

### RESUMO

Um bom funcionamento hospitalar é essencial para a melhor prestação de serviço ao paciente. A simulação tem se destacado pelo fato de gerar uma maior segurança na tomada de decisões e diminuição nas chances de erros, ao serem testadas mudanças de fluxos no mundo real. Sendo assim, este artigo possui como objetivo analisar fluxos entre as farmácias centrais e satélite para a redução da distância entre elas em consequência do tempo de abastecimento, por meio de uma metodologia de pesquisa-ação, aplicando ferramentas do Lean e simulação em um hospital público em Feira de Santana/BA. Após a modelagem dos cenários atual e uma proposta futura, obteve-se como resultados uma otimização no fluxo de entrega de medicamentos, diminuindo a distância percorrida, passando de 1.173,22 m para 125,35 m e, consequentemente, o tempo de entrega, passando de 16,47% do tempo utilizado para 2,27%.

### ABSTRACT

A well-functioning hospital is essential for providing the best service to patients. Simulation has stood out due to the fact that it provides greater certainty in decision-making and reduces the chances of errors when testing flow changes in the real world. Therefore, the aim of this article is to analyze flows between the central and satellite pharmacies in order to reduce the distance between them as a result of supply times, using an action research methodology, applying Lean tools and simulation in a public hospital in Feira de Santana-BA. After modeling the current scenarios and a future proposal, the results were optimized in terms of drug delivery flow, reducing the distance traveled from 1173.22 m to 125.35 m and consequently the delivery time from 16.47% of the time used to 2.27%.

### RESUMEN

El buen funcionamiento de un hospital es esencial para ofrecer el mejor servicio a los pacientes. La simulación ha destacado por proporcionar una mayor seguridad en la toma de decisiones y reducir las posibilidades de cometer errores al probar los cambios de flujo en el mundo real. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es analizar los flujos entre la farmacia central y las farmacias satélite para reducir la distancia entre ellas como consecuencia de los tiempos de suministro, utilizando una metodología de investigación-acción, aplicando herramientas Lean y simulación en un hospital público de Feira de Santana-BA. Tras modelizar los escenarios actuales y una propuesta de futuro, los resultados fueron una optimización del flujo de suministro de medicamentos, reduciendo la distancia recorrida de 1173,22 m a 125,35 m y, en consecuencia, el tiempo de suministro del 16,47% del tiempo utilizado al 2,27%.

## INTRODUÇÃO

A filosofia *Lean* também conhecida como sistema de produção enxuta ou Sistema Toyota de Produção, surgiu nas fábricas da Toyota, no Japão, com a ideia de otimizar, maximizar e eliminar os desperdícios dos processos existentes na indústria, fazendo o uso de suas ferramentas e, assim, gerando maior valor ao produto ou serviço prestado (Tomioka et al., 2020). Porém, com o passar do tempo, tendo em vista o potencial da filosofia para a resolução de gargalos, novas áreas começam a utilizar das ferramentas do *Lean* para otimizar processos. Com diversos problemas no setor de saúde, como superlotação, demora no atendimento, retrabalho, dentre outros, a filosofia *Lean* adentra na área da saúde, o que é denominado *Lean Healthcare*, com o propósito de reduzir esses problemas existentes no meio hospitalar (Vieira et al., 2020).

No Brasil, a filosofia *Lean* ganhou maior visibilidade após a criação dos projetos “*Lean nas UPAS*” do Ministério da Saúde em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF), no Rio de Janeiro e “*Lean nas emergências*” também do Ministério da Saúde, em parceria com o Hospital Sírio Libanês; que possui como propósito a implementação do *Lean* em unidades hospitalares do Brasil. Hoje, já existem unidades de saúde com ganhos consideráveis, como a redução da lotação das emergências, a exemplo disso, tem-se o Hospital Geral Dr. César Cals, no Ceará que reduziu 37% e o Hospital Geral Prof. Osvaldo Brandão Vilela (HGE), em Alagoas, que reduziu 79%, além disso, outro ganho considerável foi a redução em 45% do tempo de espera do paciente em emergências, na primeira fase do projeto, passando de uma média de 3 h para 1:30 (Brasil, 2022a; 2022b; 2022c).

Com o passar do tempo, houve um enorme crescimento das tecnologias digitais na área da saúde, com o objetivo de agregar ainda mais na otimização de processos. Essa nova fase é denominada de “Saúde 4.0”, contando com tecnologias como a Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IOT), simulação, dentre outras (Nascimento Neto et al, 2020). A simulação se destaca pelo fato de gerar uma menor probabilidade de erros e maior certeza na tomada de decisões.

Fazendo o uso da simulação é possível testar e validar cenários hospitalares, visualizando possíveis melhorias sem interferir no mundo real, além de gerar indicadores para realizar a análise de cada caso, resultando em ganhos como a segurança na tomada de decisões, redução nas chances de erros, redução de custos e *lead time* (Vieira et al., 2020). Sendo assim, o estudo da filosofia *Lean* em conjunto com a simulação pode ser de grande benefício para a área da saúde, pois possibilita a implementação de melhorias no ambiente hospitalar como: a redução do *lead time*; a melhoria do fluxo de pacientes; menos chances de retrabalho; além da resolução de gargalos de diversos fluxos do meio hospitalar. Para a área da saúde, agrega valor aos pacientes que utilizam do serviço prestado; para a área financeira, diminui a probabilidade de erros na tomada de decisão, o que posteriormente acarreta a redução de custos com retrabalho; na área acadêmica favorece para o estudo científico da área, aumentando o número de pesquisas voltadas para otimização da jornada do paciente.

No hospital estudado, observou-se a demora na entrega de medicamentos solicitados da farmácia satélite para a farmácia central, ocasionado principalmente pela longa distância entre as duas farmácias, gerando desperdícios de espera, movimentação e transporte. Sendo assim, este artigo possui como objetivo modelar os fluxos entre as farmácias central e satélite, analisar e propor melhorias de forma com que seja possível a modelagem de um novo cenário, apresentando uma redução na distância e no tempo de abastecimento de medicamentos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Lean Healthcare*

A filosofia *Lean* teve origem a partir do sistema Toyota de produção onde visa eliminar desperdícios, melhorar a eficiência e o aumento da produtividade sem a perda da qualidade, agregando máximo de valor para o cliente final, tendo como objetivo realizar melhorias nos processos de manufatura e vem sendo adotada por diversas empresas, principalmente indústrias (Ikeziri et al., 2020). Segundo Silva et al. (2020), a filosofia *Lean* tem como principal objetivo gerar a redução dos sete desperdícios, sendo: superlotação (produção além do necessário); espera (espera excessiva para um próximo processo); transporte (movimentação desnecessária de máquinas ou equipamentos); processamento (processos feitos repetidamente); estoque (estoque além do necessário de matérias primas); movimentação (movimentação de pessoas além do necessário); e defeito (produto final defeituoso).

Na área da saúde é chamado de *Lean Healthcare*, que vem com o mesmo propósito, porém visando a diminuição do tempo de internação de pacientes em hospitais, a diminuição da superlotação, dentre outros benefícios (Vieira et al., 2020). Diante dos problemas no sistema de saúde público e privado, o *Lean Healthcare* atua na otimização dos processos hospitalares, agregando maior valor final aos pacientes que utilizam do serviço. Além disso, auxilia também na gestão de estoque, pois, segundo Tlapa et al. (2020), gerir grandes quantidades de materiais requer definir fluxos e níveis de estoque, a fim de evitar desperdícios ou inutilização de materiais. A gestão de recursos humanos também é um fator a ser levado em consideração, pois tem-se a necessidade de manter a mão de obra qualificada e evitar profissionais subutilizados.

Com o intuito de melhorar cada vez mais a área da saúde, novas tecnologias vêm surgindo e ganhando espaço nessa área. Essas, denominadas de “Tecnologias 4.0” facilitam e otimizam diversos processos, mantendo uma qualidade em dados e otimizando o tempo. Dentre as tecnologias que mais têm se destacado, pode-se citar a Inteligência Artificial (IA), Manufatura Aditiva, *Big Data*, Robôs Autônomos, Internet das Coisas (IOT), Simulação, dentre outras que vem tomando espaço e facilitando a descoberta de gargalos e a redução de desperdícios (Gadelha, 2021).

### 2.2 *Tecnologias 4.0*

Os avanços tecnológicos foram se intensificando com o passar do tempo, acompanhando cada uma das Revoluções Industriais (RI). Segundo Lima e Gomes (2020), na primeira RI já surgiam inovações quando se tratava da mudança dos sistemas de produção, passando de uma produção domiciliar para um sistema de produção em fábricas. Dentre os principais avanços

tecnológicos, a máquina a vapor se destacou na época pelo fato de possibilitar a mecanização dos processos produtivos. A segunda RI foi marcada pelo surgimento da eletricidade, que viabilizou o desenvolvimento da indústria, desencadeando na criação de novas tecnologias como motores elétricos, lâmpadas, dentre outras. Já na terceira RI, conhecida também como Revolução Digital ou microeletrônica, houve um enorme avanço tecnológico com a criação de computadores e periféricos, internet, telecomunicações, além de segmentos da área de automação industrial.

Essas revoluções foram cruciais para os avanços tecnológicos da quarta RI, que conta com tecnologias de ponta que atuam em diversas áreas, otimizando processos, aumentando a segurança e melhorando a qualidade de produtos e serviços prestados. Dentre essas, pode-se citar tecnologias como *big data* (BD), *blockchain*, inteligência artificial (IA), simulação, dentre outras (Karatas et al., 2022).

Visto a dificuldade em lidar com dados de alta dimensão, o BD juntamente com a computação inteligente surge com o intuito de facilitar o processamento de grandes volumes de dados, reduzindo a complexidade e o esforço cognitivo envolvido. Segundo Li, Chen e Shang (2022), o BD se torna uma tecnologia revolucionária quando se trata da análise de dados tradicional. As características ou pilares do BD pode ser descritas a partir dos 5V (*Volume, Variety, Veracity, Value e Velocity*), sendo Volume (grande quantidade de dados), Velocidade (alta velocidade nos dados gerados e atualizados), Variedade (grande diversidade nos formatos dos dados), Veracidade (grande confiabilidade, garantindo a consistência das informações) e Valor (grande utilidade e relevância dos dados). Com isso, o BD vem se destacando em diversas áreas como indústria, saúde, finanças, dentre outras, trazendo benefícios como a análise aprofundada de dados, a otimização de processos, redução de incertezas, assim facilitando a tomada de decisão e gerando uma vantagem competitiva no mercado (Berros et al., 2023).

*Blockchain* se trata de uma tecnologia criada em 2008, que tem se destacado quando se trata de segurança da informação. Segundo Tyagi, et al (2023) essa tecnologia consiste na criação de uma lista crescente de registros, chamados de blocos que são interligados de maneira segura, onde, todas as informações são registradas em um livro-razão fixo. Quando aplicado, essa tecnologia traz benefícios como a segurança de dados, a rastreabilidade, a transparência, além da automação dada por meio da criação de contratos inteligentes (programas ou *softwares* que operam dentro de um *blockchain*), com isso, se torna uma tecnologia eficiente ao ser aplicada em diversas áreas, como cadeia de suprimentos, finanças, saúde, dentre outras (Nuttah et al., 2023).

Outra tecnologia de grande importância da quarta revolução industrial é a inteligência artificial (IA), que se trata de um ramo da ciência da computação que busca desenvolver mecanismos e dispositivos tecnológicos que conseguem imitar o raciocínio humano (Amaral & Gasparotto, 2021 apud Alves et al, 2017). Essa tecnologia se destaca desde a criação de jogos, carros autônomos, robôs industriais, até o uso da IA na área da saúde, realizando diagnósticos médicos. A partir disso, com o uso da IA tem-se alcançado resultados satisfatórios como o aumento da eficiência e produtividade, abertura para o desenvolvimento de diversas

áreas, como indústria, educação e saúde, otimização de processos, dentre outras (Telles, Barone, & Silva, 2020).

Por fim, dentre as tecnologias 4.0 que mais se destacam, pode-se citar a Simulação. Esta tecnologia trata da realização de modelagens de setores reais no meio virtual, possibilitando a execução de mudanças de fluxos, identificação de gargalos, geração de *feedbacks* do *software* e análises prévias antes de serem implementadas mudanças no mundo real e, com isso, obter uma maior segurança nas tomadas de decisões (Abreu et al., 2018). A simulação se tornou uma ótima ferramenta para as empresas, pois é capaz de reduzir custos e ciclos de desenvolvimento, além aumentar a qualidade dos produtos e facilitar significativamente o gerenciamento do conhecimento (Randon & Cecconello, 2019).

### 2.3 Saúde 4.0

Desde a pandemia da Covid-19, a inserção das tecnologias 4.0 vem se dissipando e formando um bloco de inovações, trazendo digitalização e conectividade entre pessoas e coisas. Tal progresso tecnológico tem grande potencial de aprimoramento para qualidade de vida. Em meio a um cenário de inovação tecnológica, a saúde na quarta revolução se beneficia em vários aspectos, seja na automatização dos processos ou interfaceamento, permitindo por exemplo, a comunicação ágil entre o laboratório e todo o processo para realização de exames, informatizando e gerando produtividade e, conseqüentemente, trazendo uma maior qualidade de vida e saúde a população (Ciasullo et al., 2022).

As inovações tecnológicas na saúde progrediram nos últimos anos, passando de um sistema manual para um sistema integrado, buscando principalmente uma melhoria significativa na prestação dos serviços. Na Saúde 1.0, os registros dos pacientes eram realizados e armazenados de forma manual pelo médico; na Saúde 2.0 se iniciava uma revolução na área, passando a utilizar o formato eletrônico para atividades como o armazenamento do histórico do paciente; na Saúde 3.0 houve um avanço no diagnóstico médico, utilizando dados de saúde registrados em dispositivos móveis, possibilitando em um acompanhamento em tempo real; por fim, na Saúde 4.0, surge uma maior necessidade em garantir a segurança de dados do paciente, por isso, novos dispositivos foram criados, a utilização do IOT cresceu aceleradamente, permitindo uma maior conectividade entre médicos e pacientes, além da maior visibilidade de *softwares* que facilitam a análise de dados (Krishnamoorthy et al., 2021).

Quando se trata de processos hospitalares, qualquer mudança no fluxo pode ocasionar na perda de vidas, por isso, ter uma maior segurança nas tomadas de decisão se torna essencial. Dessa forma, a simulação de processos vem se destacando nessa área, possibilitando a geração de cenários virtuais e gráficos para uma maior análise.

### 2.4 Simulação

A simulação de processos, inicialmente surgiu na área da Indústria 4.0, porém, por causa de seus bons resultados, vêm migrando para outras áreas, como a da saúde, gerando um diferencial enorme quando utilizada, pelo fato de criar uma maior segurança na realização de melhorias nos processos hospitalares (Sun et al., 2022).

Segundo o Senai (2019), a simulação é tida como elemento básico para a movimentação da quarta revolução, além de proporcionar a oportunidade das empresas se tornarem mais inteligentes e eficientes. Com o uso da simulação é possível modelar cenários, encontrar falhas, aplicar melhorias e realizar análises, de forma virtual, antes mesmo de mudanças serem aplicadas ao mundo real, com isso, é possível obter ganhos como a redução de custos, otimização de processos e maior segurança para a realização de melhorias (Leal et al., 2022).

No Brasil, o Hospital Israelita Albert Einstein se destacou ao utilizar a simulação para eliminar problemas que estavam ocorrendo. Utilizando a simulação o hospital conseguiu dimensionar a capacidade da Unidade de Pronto Atendimento (UPA), analisando diferentes situações de demanda, programar a escala da equipe médica, otimizar recursos que são compartilhados entre a UPA e os demais setores do hospital, dentre outras melhorias. Tornando-se, assim, o primeiro hospital da América Latina a utilizar a simulação ao seu favor (Silva et al., 2020; apud Flexsim Brasil, 2019). Outros hospitais do Brasil têm utilizado simulação para aplicar melhorias em seus processos. Segundo o estudo de Oliveira et al. (2024), a simulação foi a ferramenta chave para avaliar uma mudança no fluxo de exames de um laboratório, demonstrando assim, a importância de se ter um fluxo otimizado para a liberação de exames laboratoriais, o que impacta diretamente na eficiência dos procedimentos médicos e na satisfação dos pacientes.

## METODOLOGIA

Este presente estudo possui caráter exploratório e descritivo, com variáveis quantitativas e segue uma metodologia de pesquisa-ação, já que, segundo Bunder e Barros (2019), esse tipo de pesquisa irá se desenvolver alternando entre ação e reflexão crítica e como resultado, deve permitir ao pesquisador validar a hipótese da pesquisa. Além disso, também se adequa ao estudo de caso que, segundo Sátyro e D'Albuquerque (2020), é de extrema importância pois ajuda a compreender fenômenos sociais complexos que demandam uma investigação, além de preservar suas características holísticas.

A pesquisa foi realizada em um hospital público da cidade de Feira de Santana, Bahia, Brasil, que presta atendimentos a gestantes e serviços de apoio à maternidade. Foi estudado em suas farmácias (central e satélite) que possui um alto fluxo de medicamentos, com destino aos centros cirúrgicos obstétricos para partos normais e cesarianas (denominados nesta pesquisa como CO1 e CO2) do hospital.

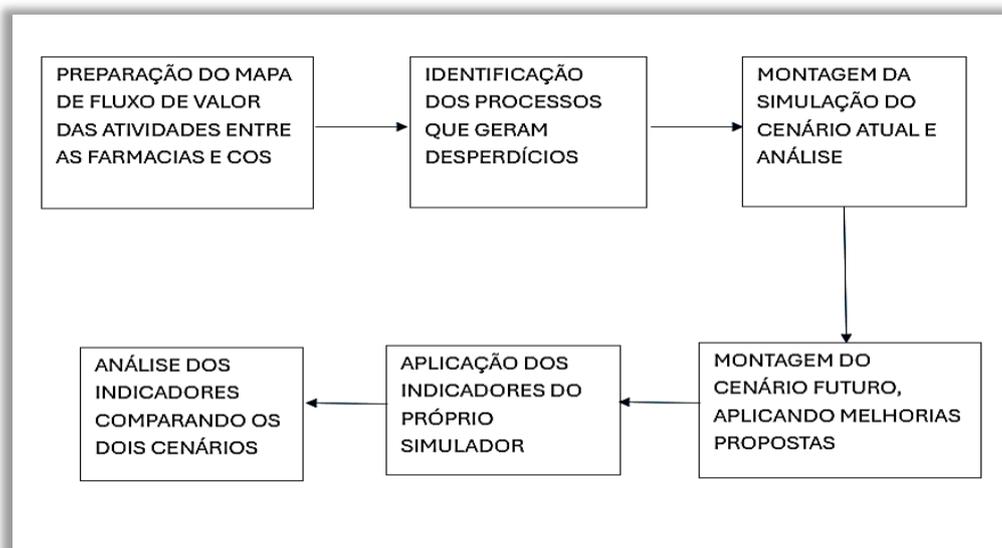
Para o trabalho proposto, primeiramente foi elaborado um mapa de fluxo de valor, para determinar as atividades que envolvem o fluxo de medicamentos entre as farmácias e os CO's, além de realizar a identificação dos desperdícios que estavam ocorrendo. Durante essa análise observou-se o problema na demora da entrega de medicamentos, possivelmente ocasionada pela distância entre os setores. Sendo assim, durante o período de quatro meses, de junho de 2023 a dezembro de 2023, foram estudados todos os processos que envolvem este fluxo de medicamentos.

Logo após foi modelado o cenário atual em um *software* de simulação computacional Flexsim, versão 23.0.2, considerando a base de dados obtida durante a coleta de informações no

hospital e a localização atual em que se encontram os setores do hospital. Assim, foi realizada a análise do cenário atual, para que assim fosse possível sugerir propostas de melhorias que posteriormente foi modelado em um novo cenário, denominado como “cenário futuro”.

Com isso, foram determinados indicadores do próprio *software* para a análise de dados, sendo eles: o diagrama de espaguete, denominado “*Heat Map*”, onde foi possível mapear o deslocamento dos colaboradores; o *AVG Distance* que calculou a distância simulada entre os setores e o *AVG State* que calcula as ações que geram valor, demonstrando o percentual das ações que ocorrem no fluxo. Esse vai tratar do tempo simulado em que o colaborador está andando, o tempo que está parando e a ação que de fato está gerando valor. O *AVG State* é dividido em dois tipos de variáveis: O *In transit*, que neste caso, é o tempo em que o plantonista está andando e o *Providing Care* que é o tempo de processo realizado, ou seja, a ação que está gerando valor, que neste caso, trata da entrega dos medicamentos. A partir disso, foi possível realizar um comparativo entre os dois cenários, atual e futuro, e analisar se as melhorias propostas irão de fato gerar ganhos no hospital (Figura 1).

**Figura 1.** Fluxo metodológico da pesquisa

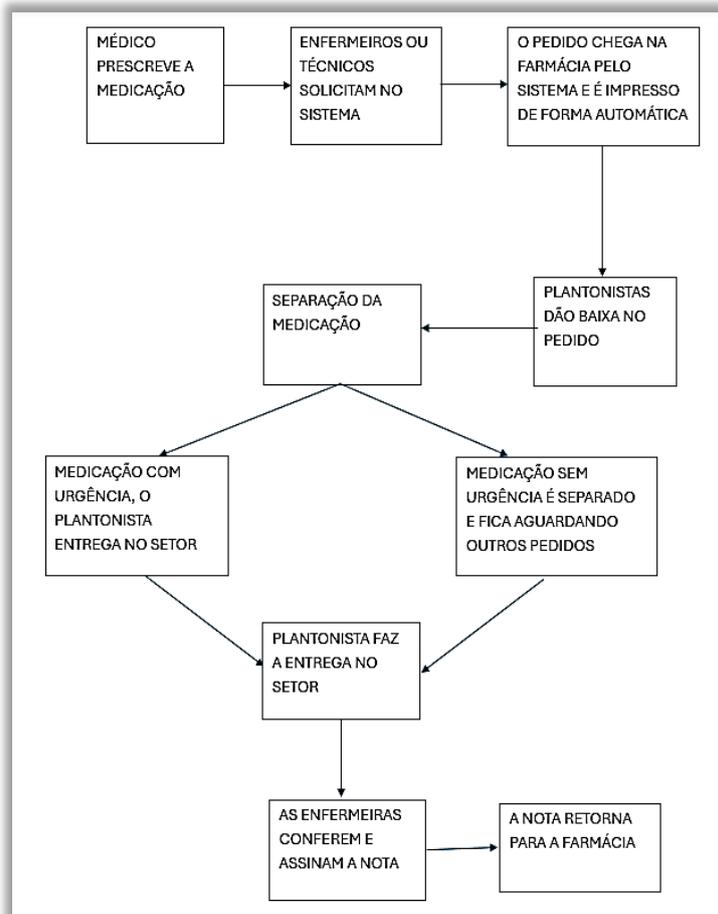


Fonte: Autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fluxo de processos e identificação dos desperdícios.

Durante o período de quatro meses de diagnóstico dentro da farmácia, notou-se a necessidade da construção de um fluxo de processos, com o intuito de mapear e estudá-los, além de encontrar possíveis gargalos dentro da farmácia. Na farmácia central o fluxo é iniciado quando o médico prescreve a medicação e os enfermeiros solicitam o mesmo no sistema, em seguida, de forma automática o pedido chega na farmácia e é impresso. Logo após os plantonistas dão baixa e separam os pedidos, como não há sinalização de urgência no sistema eles podem ficar aguardando até 2 horas para serem entregues no devido setor, se caso for urgente o responsável pelo pedido informa a farmácia através de ligação. Por último, é realizada a entrega das medicações para as enfermeiras, que fazem a conferência do pedido, assinam a nota e a devolvem para a farmácia (Figura 2).

**Figura 2.** Fluxo de processos da farmácia central para os pacientes

Fonte: Autores.

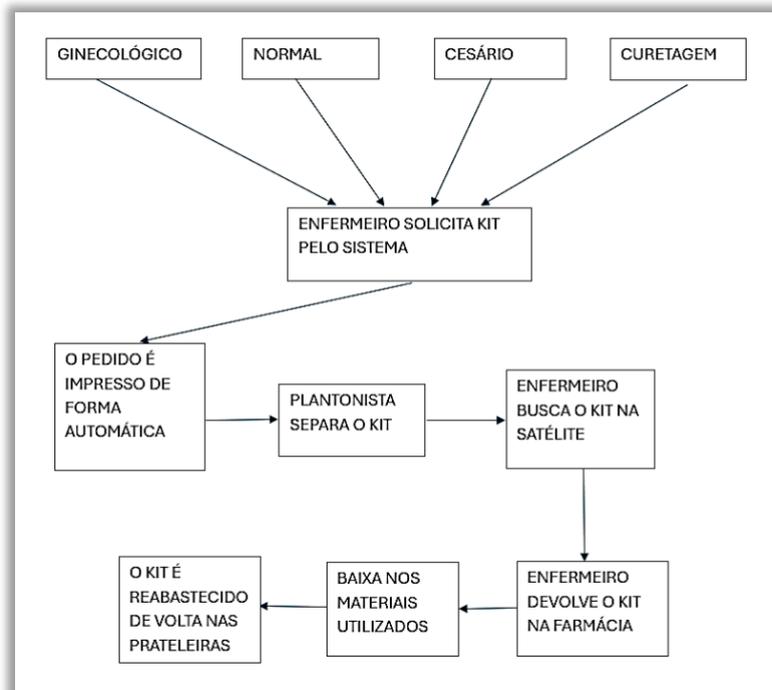
Com isso, foram identificados os desperdícios que estavam ocorrendo durante o processo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Desperdícios encontrados no fluxo da farmácia central para os pacientes

Principais desperdícios encontrados	Motivo
Transporte	Vários pedidos são realizados para o mesmo setor, fazendo com que os plantonistas se desloquem várias vezes por dia, por longas distâncias
Movimentação	Na separação, existe um alto fluxo de pessoas e um déficit na disposição dos medicamentos, gerando uma movimentação desnecessária
Espera	Se não avisado que o pedido é de urgência, o medicamento leva cerca de 40 min para ser entregue

Fonte: Autores.

Para a construção do MFV da farmácia satélite, foram colhidos os dados do fluxo em um período de quatro meses, assim como o da farmácia central, sendo observado toda movimentação, possíveis desperdícios e oportunidades de melhoria na farmácia satélite do hospital. A farmácia dispensa apenas *kits* em caixas organizadoras para partos, curetagem e algumas cirurgias eletivas. Para que os *kits* cheguem ao centro cirúrgico (CO) o enfermeiro faz o pedido que vai para farmácia e é impresso de forma automática, o plantonista separa e libera o *kit* para o responsável pelo pedido, que assina a requisição e leva o *kit* para o devido uso. Após o retorno da caixa o plantonista realiza a finalização (baixa) nos materiais usados e o *kit* é reabastecido e volta para a prateleira devida (Figura 3).

**Figura 3.** Fluxo da farmácia satélite para os pacientes

Fonte: Autores.

A entrega dos medicamentos que abastecem o centro cirúrgico 2 (CO2) se dá através de pedidos feitos direto do CO2 para a farmácia central seguindo o fluxo como mostra a Figura 3, como não existe uma padronização no tempo de entrega, não foi possível dimensionar o valor exato para ser colocado na simulação, o plantonista tem até 2 horas para fazer a entrega do medicamento, sendo assim, ao ser analisado por alguns dias, houve demoras de 30 min, 50 min, 1h40min, por esse fato, utilizou-se dados simulados durante a modelagem (Tabela 2).

**Tabela 2.** Principais desperdícios encontrados na farmácia satélite

Principais desperdícios encontrados	Definição
Retrabalho	Quando abrem o kit e retiram um material aleatório e precisam ir na satélite buscar um outro objeto retirado
Movimentação	No sistema não fica registrado a retirada e às vezes mais de uma pessoa busca o kit
Espera	A espera ocorre devido à distância entre a farmácia central e a farmácia satélite, além da falta de padronização do tempo de entrega dos medicamentos

Fonte: Autores.

#### 4.2 Modelagem no *software* de simulação

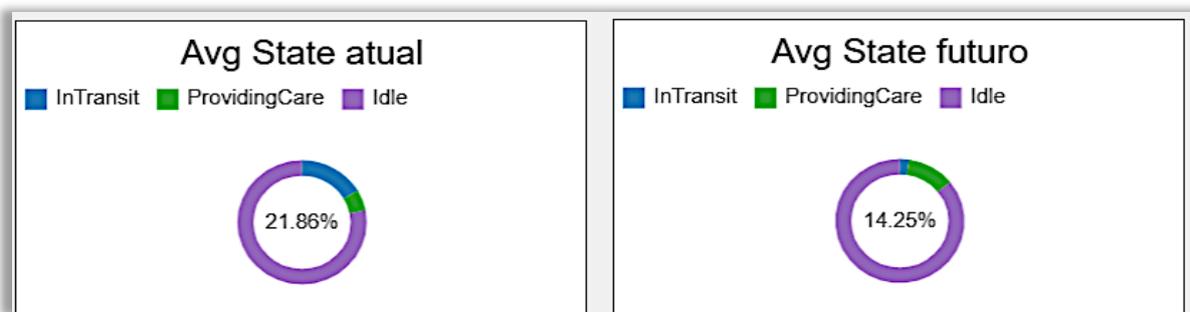
Após o tratamento de dados, foi necessário inserir as plantas baixas do hospital no simulador, de forma com que, ao modelar os cenários, fosse possível indicar o local exato da farmácia central, farmácia satélite, CO1 e CO2. Ao modelar o cenário atual, notou-se que os setores ficavam em andares diferentes no hospital, sendo assim, posicionou-se as duas plantas uma abaixo da outra, indicando o primeiro andar e o térreo, de forma com que a simulação ficasse o mais próximo possível do real. Com isso, modelou-se o primeiro cenário (atual) com os fluxos que estavam ocorrendo, logo após, foram feitas as análises e propostas de melhorias e, em seguida, foi modelado o cenário futuro, com as propostas de melhorias já implementadas (Tabela 3).



Pode-se notar que no fluxo atual o plantonista percorre uma distância superior de 1.047,87 m a mais, quando comparada a modelada no fluxo futuro. Assim, sabe-se que toda e qualquer mudança no meio hospitalar precisa de uma evidência clara e concisa que comprove a eficiência da alteração. Além disso, em razão da carência de recursos na área da saúde, essa simulação pode ser utilizada para comprovar a importância de uma nova satélite e, dessa forma, seria possível eliminar os desperdícios de movimentação, transporte e espera, otimizando os fluxos analisados e gerando maior valor ao serviço prestado.

Para uma melhor observação dos impactos da melhoria sugerida, foram utilizados os indicadores do próprio simulador, denominados *AVG State* e *AVG Distance*. A partir do resultado do simulador, realizado por meio de gráficos, buscou-se uma análise comparativa entre o cenário atual e o futuro (Figura 6).

**Figura 6.** Cenário Atual X Cenário Futuro: Gráfico de geração de valor do fluxo atual

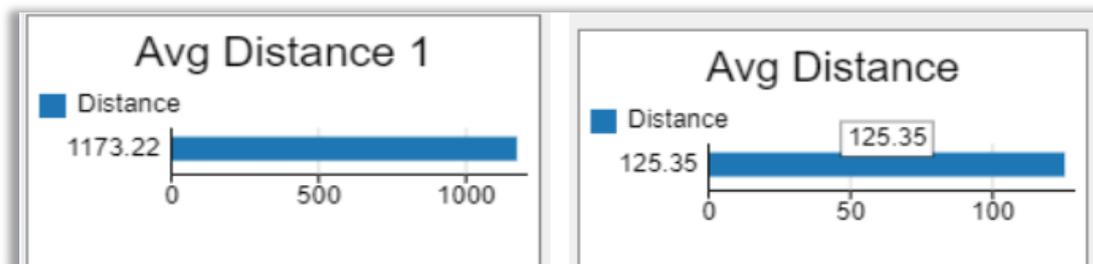


Fonte: Autores.

Mesmo sem ter definido dados de tempos reais, quando é realizada a simulação e analisando os dados que o *software* forneceu, é possível observar resultados satisfatórios. Nota-se que no cenário futuro, o plantonista gasta menos tempo caminhando, cerca de 2,27%, enquanto no atual, é gasto cerca de 16,47% do tempo, indicado pela parte azul do gráfico. Além disso, também há a otimização do tempo de realização das entregas dos medicamentos, sendo cerca de 11,98% no futuro, enquanto no atual, era apresentado cerca de 5,39%, indicado pela parte verde do gráfico, mostrando assim, um maior ganho de valor ao fluxo.

Outro indicador também utilizado no simulador, foi o *AVG Distance*, que permite ser realizada uma análise referente ao desperdício de transporte e movimentação, indicados no MFV (Figura 2). Com esse indicador é possível demonstrar a distância em que o plantonista caminha até realizar a entrega do medicamento (Figura 7).

**Figura 7.** Cenário Atual X Cenário Futuro: Distância percorrida pelo plantonista



Fonte: Autores.

Analisando os resultados obtidos a partir de uma distância simulada, pode-se observar que no cenário atual, o plantonista caminha uma distância de 1.173,11 m, muito superior à distância de 125,35m do cenário futuro. Com essa melhoria, é possível sanar os desperdícios de movimentação desnecessária e transporte dos medicamentos e, dessa forma, melhorar ao máximo esses fluxos no hospital.

A simulação se torna um destaque por ser capaz de modelar fluxos virtualmente, de forma rápida, fácil, barata e menos arriscada do que uma experimentação no mundo real (Forbus & Berleant, 2022). A partir dos resultados obtidos é notório a importância de uma farmácia satélite próxima a cada centro de obstetrícia, pois, além de reparar os desperdícios do fluxo, cria-se uma maior segurança na assistência prestada às pacientes e agrega maior valor ao serviço oferecido. Além disso, pode-se confirmar a relevância da utilização dessa tecnologia na área da saúde, já que, neste estudo se mostrou eficiente para propor melhorias no hospital, como o investimento para a criação de um novo setor. Da mesma forma, o estudo de Tavares e Herculani (2020) utilizou a simulação e identificou uma carga de tempo ocioso de alguns funcionários envolvidos no processo e, dessa forma, propôs melhorias, mostrando assim também, que a simulação possui como diferencial as diversas possibilidades de análise.

Esses cenários virtuais podem ser utilizados posteriormente como uma ferramenta para a tomada de decisão, caso o hospital decida investir em uma nova instalação dentro do seu ambiente. Assim como no trabalho de Amália e Cahyati (2020), em que a simulação foi utilizada para investigar os problemas de um hospital público em Yogyakarta, na Indonésia, simulando cenários e dessa forma realizando a redução na demora no tempo de espera.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o rápido crescimento da população e o impacto pós-pandemia da Covid-19, instituições de saúde buscam métodos para revolucionar e tornar seu processo mais eficiente, buscando a otimização e diminuição nos custos, para que dessa forma, possam se manter competitivas no mercado de trabalho. Essa simulação poderá contribuir para o estudo de um possível investimento financeiro de uma nova farmácia satélite dentro do hospital. Como resultados, obteve-se uma otimização nos fluxos e a resolução dos desperdícios encontrados. Sendo assim, o artigo cumpre o objetivo inicial, pois propõe um modelo de simulação que permite a investigação dos fluxos entre as farmácias central e satélite e centros de obstetrícia, para a redução da distância e do tempo de abastecimento de medicamentos. Como sugestão para trabalhos futuros, pode ser realizada a implantação das melhorias propostas, com o devido acompanhamento dos indicadores para que se reduza ao máximo a chance de erros.

Por fim, pode-se confirmar que a simulação atua como uma ferramenta de estudo para a análise de fluxos reais, sendo possível modelar diversos cenários, que posteriormente facilitará na tomada de decisões. Diante disso, percebe-se a importância da simulação dentro da área da saúde, pois toda e qualquer mudança nos fluxos poderá impactar o cliente final, ou seja, o paciente. Para trabalhos futuros, sugere-se a implantação do cenário futuro proposto, além do estudo por meio da simulação de outros setores do hospital, como o almoxarifado, o centro cirúrgico, a recepção etc., que carecem de mudanças para melhor atender os pacientes. Além disso, a partir de estudos no hospital utilizando a simulação, será possível realizar análises mais aprofundadas, para fazer as melhores tomadas de decisão possíveis.

## REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério da Saúde. (2022a). Hospital do Ceará reduz em 37% lotação na emergência. 2022. Recuperado de: [Hospital do Ceará reduz em 37% lotação na emergência — Ministério da Saúde \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/hospital-do-ceara/2022/07/hospital-do-ceara-reduz-em-37-lotação-na-emergência)
- Brasil. Ministério da Saúde. (2022b). Hospital alagoano reduz em 79% lotação na emergência. 2022. Recuperado de [Hospital alagoano reduz em 79% lotação na emergência — Ministério da Saúde \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/hospital-alagoano/2022/07/hospital-alagoano-reduz-em-79-lotação-na-emergência)
- Brasil. Ministério da Saúde. (2022c). Projeto Lean reduz em 45% tempo do paciente nas emergências. Recuperado de [Projeto Lean reduz em 45% tempo do paciente nas emergências — Ministério da Saúde \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/projeto-lean/2022/07/projeto-lean-reduz-em-45-tempo-do-paciente-nas-emergências)
- Tomioka, A. M., de Souza Leite, J., das Neves, J. M. S., & Silva, M. L. P. (2020). A Filosofia Lean na indústria brasileira: revisão da literatura. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 11823-11843. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-154>
- Vieira, L. C. N., Oliveira M., M. de, Pimentel, C. A., & Juventino, G. K. S. (2020). Lean Healthcare no Brasil: uma revisão bibliométrica. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*, 9(3), 381-405. <https://doi.org/10.5585/rgss.v9i3.16882>
- Nascimento Neto, C. D., Borges, K. F. L., Oliveira P., P. de, & Pereira, A. L. (2020). Inteligência artificial e novas tecnologias em saúde: desafios e perspectivas. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 9431-9445. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-306>
- Vieira, L. C. N., Juventino, G. K. S., Pimentel, C. A., Oliveira, M. M. de, Silva, M. F. S. B. de, & Santos, B. D. J. de. (2020). Contribuições da simulação no lean healthcare para o combate a Covid-19. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 16(45), 184-201. <https://doi.org/10.3895/rts.v16n45.12198>
- Ikeziri, L. M., Melo, J. C., Campos, R. T., Okimura, L. I., & Junior, J. A. G. (2020). A perspectiva da indústria 4.0 sobre a filosofia de gestão Lean Manufacturing. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 1274-1289. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-089>
- Vieira, L. C. N., Juventino, G. K. S., Pimentel, C. A., de, Oliveira M. M., Silva, M. F. S. B., & Santos, B. D. J. (2020). Contribuições da simulação no lean healthcare para o combate a Covid-19. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 16(45), 184-201. [https://doi.org/10.14488/ENEGEP2020\\_TN\\_STO\\_34\\_2\\_1751\\_39590](https://doi.org/10.14488/ENEGEP2020_TN_STO_34_2_1751_39590)
- Tlapa, D., Zepeda-Lugo, C. A., Tortorella, G. L., Baez-Lopez, Y. A., Limon-Romero, J., Alvarado-Iniesta, A., & Rodriguez-Borbon, M. I. (2020). Effects of lean healthcare on patient flow: a systematic review. *Value in Health*, 23(2), 260-273. <https://doi.org/10.1016/j.ival.2019.11.002>
- Gadelha, C. A. G. (2022). Complexo Econômico-Industrial da Saúde: a base econômica e material do Sistema Único de Saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 38, e00263321. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00263321>
- Lima, F. R. & Gomes, R. (2020). Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. *Revista Brasileira de Inovação*, 19, e0200023. <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>
- Karatas, M., Eriskin, L., Devenci, M., Pamucar, D., & Garg, H. (2022). Big Data for Healthcare Industry 4.0: Applications, challenges and future perspectives. *Expert Systems with Applications*, 200, 116912. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116912>
- Li, C., Chen, Y., & Shang, Y. (2022). A review of industrial big data for decision making in intelligent manufacturing. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 29, 101021. <https://doi.org/10.1016/j.ijestch.2021.06.001>
- Berros, N., El Mendili, F., Filaly, Y., & El Bouzekri El Idrissi, Y. (2023). Enhancing digital health services with big data analytics. *Big data and cognitive computing*, 7(2), 64. <https://doi.org/110.3390/bdcc7020064>
- Tyagi, A. K., Dananjayan, S., Agarwal, D., & Thariq Ahmed, H. F. (2023). Blockchain—Internet of Things applications: Opportunities and challenges for industry 4.0 and society 5.0. *Sensors*, 23(2), 947. <https://doi.org/10.3390/s23020947>
- Nuttah, M. M., Roma, P., Nigro, G. L., & Perrone, G. (2023). Understanding blockchain applications in Industry 4.0: From information technology to manufacturing and operations management. *Journal of Industrial Information Integration*, 33, 100456. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100456>
- Amaral, H. N., & Gasparotto, A. M. S. (2021). inteligência artificial: o uso da robótica indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 18(1), 474-486. <https://doi.org/10.31510/infa.v18i1.1107>
- Telles, E. S., Barone, D. A. C., & da Silva, A. M. (2020, June). Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0. In *Anais do I Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade* (pp. 130-136). SBC. <https://doi.org/10.5753/wics.2020.11044>
- Abreu, C. E. M., Gonzaga, D. R. B., dos Santos, F. J., de Oliveira, J. F., de Moraes Oliveira, K. D., Figueiredo, L. M., ... & dos Santos Gonçalves, G. A. (2017). Indústria 4.0: Como as empresas estão utilizando a simulação para se preparar para o futuro. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, 12(12), 49-53. <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2017v12n12p49-53>
- Randon, G. & Ceconello, I. (2019). Simulação como Tecnologia Habilitadora da Indústria 4.0: Uma

Revisão da Literatura. *Scientia cum Industria*, 7(2), 117-125.

<https://doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p117>

Ciasullo, M. V., Orciuoli, F., Douglas, A., & Palumbo, R. (2022). Putting Health 4.0 at the service of Society 5.0: Exploratory insights from a pilot study. *Socio-Economic Planning Sciences*, 80, 101163.

<https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101163>

Krishnamoorthy, S., Dua, A., & Gupta, S. (2023). Role of emerging technologies in future IoT-driven Healthcare 4.0 technologies: A survey, current challenges and future directions. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(1), 361-407. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03302-w>

Sun, T., He, X., Song, X., Shu, L., & Li, Z. (2022). The digital twin in medicine: a key to the future of healthcare?. *Frontiers in Medicine*, 9, 907066.

<https://doi.org/10.3389/fmed.2022.907066>

Senai. **Tudo sobre Simulação Digital, um dos principais pilares da Indústria 4.0.** 2019. Recuperado de: [Tudo sobre Simulação Digital, um dos principais pilares da Indústria 4.0 | SENAI-RS \(senairs.org.br\)](https://www.senai.org.br/pt-br/industria-4-0/tudo-sobre-simulacao-digital).

Leal, L. K. B., Ribeiro, L. W., Silva, J. A. P. da, Lucas, Á. M., Oliveira, F. A. B. de, & Almeida, E. S. de. (2024). Análise e modelagem computacional do processo de manufatura de fitas adesivas em uma empresa do Polo Industrial de Manaus: uma aplicação no software Flexsim®. *Exacta*, 22(1), 197-237.

<https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21368>

Oliveira, D. M., Lopes, E. C. S., Araújo, A. C. B. de, & Pimentel, C. A. (2024). Simulação para melhorar fluxo de exames em um laboratório hospitalar. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 10(2), 452-465.

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v10i2.44642>

Bunder, J., & Barros, G. G. (2019). O estudo de caso e a pesquisa-ação: compreensão teórica e evidências empíricas. *Simpósio brasileiro de qualidade de projeto do ambiente construído*, 6(1), 1561-1565.

<https://doi.org/10.14393/sbqp19140>

Sátyro, N. G. D. & D'Albuquerque, R. W. (2020). O que é um Estudo de Caso e quais as suas potencialidades. *Sociedade e Cultura*, 23.

<https://doi.org/10.5216/sec.v23i.55631>

Forbus, J. J. & Berleant, D. (2022). Discrete-event simulation in healthcare settings: a review. *Modelling*, 3(4), 417-433.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.00061>

Tavares, W. C. M. & Herculani, R. (2020). Simulação e otimização do processo de atendimento e entrega em uma farmácia. *Revista Interface Tecnológica*, 17(1), 95-106.

<https://doi.org/10.31510/infa.v17i1.762>

Amalia, P. & Cahyati, N. (2020). Queue analysis of public healthcare system to reduce waiting time using flexsim 6.0. *International Journal of Industrial Optimization*, 1(2), 101.

<https://doi.org/10.12928/ijio.v1i2.2428>