

Aplicação da simulação a eventos discretos em um pronto-socorro de um hospital regional

Application of the discrete event simulation in a emergency departament of a regional hospital

DOI:10.34119/bjhrv5n4-176

Recebimento dos originais: 14/04/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Flávio Fraga Vilela

Doutor em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS)

Endereço: Av. Prefeito Tuany Toledo, 470, Fatima, Pouso Alegre - MG, CEP: 37550-000

E-mail: flaviofvilela@univas.edu.br

Gabriel Carneiro de Melo

Discente do curso de Medicina

Instituição: Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS)

Endereço: Av. Prefeito Tuany Toledo, 470, Fatima, Pouso Alegre - MG, CEP: 37550-000

E-mail: 98015471@univas.edu.br

Luiz Giovanni Teixeira Rigato

Discente do curso de Medicina

Instituição: Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS)

Endereço: Av. Prefeito Tuany Toledo, 470, Fatima, Pouso Alegre - MG, CEP: 37550-000

E-mail: lgrigato@univas.edu.br

Gustavo Paiva Azevedo

Discente do curso de Medicina

Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Endereço: Aqueça Sol, Lavras - MG, CEP: 37200-900

E-mail: gustavo.azevedo@estudante.ufla.br

Guilherme Miranda Bócoli

Discente do curso de Medicina

Instituição: Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS)

Endereço: Av. Prefeito Tuany Toledo, 470, Fatima, Pouso Alegre - MG, CEP: 37550-000

E-mail: 98016816@univas.edu.br

Lucas Henrique de Carvalho Machado

Discente do curso de Medicina

Instituição: Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS)

Endereço: Av. Prefeito Tuany Toledo, 470, Fatima, Pouso Alegre - MG, CEP: 37550-000

E-mail: lucas112603@gmail.com

Mariana Nunes Lima Dias

Discente do curso de Medicina

Instituição: Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS)

Endereço: Av. Prefeito Tuany Toledo, 470, Fatima, Pouso Alegre - MG, CEP: 37550-000

E-mail: marinlimadias@gmail.com

RESUMO

Nas últimas três décadas houve avanços no desenvolvimento de modelos de simulação computacional para resolver problemas de serviços hospitalares (SH) ineficientes, sobretudo no que tange a utilização adequada dos recursos escassos e redução do tempo de espera, não somente da avaliação médica, mas também da classificação de risco, processo essencial na priorização e redirecionamento do usuário. A alta demanda por serviços hospitalares atingiu níveis sem precedentes, recentemente, devido à indisponibilidade de leitos causado pela pandemia do COVID-19, sendo este fato uma ameaça a segurança do paciente. Neste contexto, o objetivo do presente artigo foi aplicar a simulação a eventos discretos (SED) em um pronto-socorro (PS) e propor melhorias para reduzir o tempo de permanência do paciente no processo de acolhimento do PS. Logo, uma implementação detalhada da abordagem foi demonstrada em um PS de um grande hospital regional, por meio do método da modelagem e simulação. Por fim, os resultados finais evidenciam de forma direta que o cenário II proposto é desejável, pois o número de atendimentos em 24 horas aumenta 43%, e o tempo médio de permanência do paciente diminui para aproximadamente 48 minutos.

Palavras-chave: simulação a eventos discretos, gestão hospitalar, pronto-socorro, length of stay.

ABSTRACT

In the last three decades there have been advances in the development of computer simulation models to solve problems of inefficient hospital services (HS), especially regarding the appropriate use of scarce resources and reduction of waiting time, not only of medical evaluation, but also of risk classification, an essential process in prioritizing and redirecting the user. The high demand for hospital services has reached unprecedented levels recently due to the unavailability of beds caused by the pandemic of COVID-19, this fact being a threat to patient safety. In this context, the objective of this paper was to apply discrete event simulation (DSS) in an emergency room (ER) and propose improvements to reduce the patient's length of stay in the ER reception process. Then, a detailed implementation of the approach was demonstrated in an ER of a large regional hospital, through the modeling and simulation method. Finally, the final results provide direct evidence that the proposed scenario II is desirable, since the number of visits in 24 hours increases 43%, and the average length of stay of the patient decreases to approximately 48 minutes.

Keywords: discrete event simulation, hospital management, emergency room, length of stay.

1 INTRODUÇÃO

A alta demanda por serviços hospitalares atingiu níveis sem precedentes, recentemente, devido à indisponibilidade de leitos causado pela pandemia do COVID-19. Como consequência, os pacientes que precisam de tratamento, estão submetidos a tempos de espera

prolongados enquanto a decisão de admiti-los, transferi-los ou mandá-los para casa é tomada de forma ineficiente. Isso ameaça a segurança do paciente e diminui a qualidade do serviço, enquanto aumenta os custos do tratamento. Argumenta-se na literatura existente que uma comunicação aprimorada e um fluxo aprimorado de pacientes costumam ser mais eficazes do que simplesmente aumentar a capacidade do hospital. No entanto, o alcance dessa coordenação eficaz é desafiado pelas incertezas na demanda de atendimento, pela disponibilidade de informações precisas, pela complexidade da dinâmica inter-hospitalar e pelos tempos de decisão.

Neste contexto, o objetivo do presente artigo é aplicar a simulação a eventos discretos (SED) em um pronto-socorro (PS) e propor melhorias para reduzir o tempo de permanência do paciente no sistema. Logo, uma implementação detalhada da abordagem é demonstrada em um PS de um grande hospital regional, por meio do método da modelagem e simulação (TURRIONI e MELLO, 2012). Por fim, os resultados evidenciam de forma direta que o cenário II proposto é desejável, pois o número de atendimentos em 24 horas aumenta para 236, e o tempo médio de permanência do paciente diminui para 48 minutos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 USO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS EM SERVIÇOS HOSPITALARES

Nas últimas três décadas houve avanços no desenvolvimento de modelos de simulação e otimização para resolver problemas de serviços hospitalares (SH) ineficientes, e segundo Silva *et al.* (2017), é de suma importância a evolução da gestão em serviços hospitalares, no que tange a utilização adequada dos recursos escassos e redução do tempo de espera, não somente da avaliação médica, mas também da classificação de risco, processo essencial na priorização e redirecionamento do usuário.

De forma geral, pode-se afirmar que existem duas possibilidades de ações complementares para melhorar o SH: reduzir o número de atendimentos realizados; e melhorar o fluxo de pacientes através do serviço. Nesse sentido, surge, como alternativa para este último, a simulação a eventos discretos (SED). Sendo que na abordagem SED, as entidades simuladas (geralmente pacientes em estudos relacionados à saúde) com atributos exclusivos (idade, sexo, peso, entre outros) são rastreados à medida que fluem por meio de eventos discretos em um sistema computacional. Os sistemas modelados incluem instalações físicas (por exemplo, uma sala de emergência ou unidade de terapia intensiva) ou processos (por exemplo, progressão da doença). Durante a simulação, o estado do sistema simulado, em termos de variáveis que podem ser atualizadas durante o curso da simulação, é registrado em momentos específicos. Isso, por

sua vez, permite avaliação do desempenho do sistema e os efeitos dos cenários “e se”, testando cenários alternativos ou configurações antes que as mudanças sejam implementadas na prática (CARO *et al.*, 2015).

Dessa forma, é importante salientar que a utilização da simulação como recurso para o SH possui uma extensa e rica literatura, sendo possível ressaltar, os primeiros estudos acerca desta temática provenientes dos autores Kraitsik e Bossmeyer (1992) e Garcia *et al.* (1995), que utilizaram a linguagem computacional SIMAN para estudar como reformar o pronto-socorro de um hospital e melhorar os tempos de resposta. Neste mesmo contexto, o trabalho dos autores Baesler, Jahnsen e Costa (2003), evidenciou como a simulação computacional pode ser usada para estimar a máxima demanda de um serviço de emergência e os recursos físicos e humanos mínimos necessários para supri-la. A partir dos anos 2005 a utilização da SED tornou-se mais acessível e se popularizou na literatura, sendo possível ressaltar os trabalhos de Ahmed e Alkhamis (2008) e Hajrizi e Berisha (2019). Ambos são aplicados ao setor de pronto atendimento, sendo que o primeiro implementa a SED em um sistema operacional de um hospital do Kuwait, para determinar o número ideal de funcionários e reduzir o tempo de espera do paciente no sistema. Já o segundo, aplica o mesmo conceito associado a otimização para fornecer aos gestores um conjunto de soluções possíveis que diminuam o tempo de permanência do paciente na unidade de saúde. É válido ressaltar ainda que o autor Hamrock *et al.* (2013) descreve cenários em que a simulação de eventos discretos é aplicável e apresenta a ferramenta de maneira mais compreensiva através de um modelo desenvolvido para analisar a aglomeração e o fluxo de pacientes em um pronto-socorro. Neste mesmo contexto, a pesquisa dos autores Gabriel *et al.* (2019), utilizou os princípios *Lean Healthcare* em conjunto com a SED para planejar a expansão de um pronto-socorro canadense. No que se refere aos desperdícios que devem ser minimizados ou eliminados por meio de um projeto *Lean*, vale mencionar a pesquisa dos autores Vilela *et al.* (2022) que teve como objetivo aplicar o *Lean* em associação com a SED para quantificar os desperdícios em uma indústria farmacêutica.

Recentemente, Keshtkar *et al.* (2020) aplicam a SED com outras técnicas, para avaliar o impacto operacional de várias intervenções de gestão de forma eficiente, provando que melhorar as taxas de transferência entre unidades hospitalares tem um impacto positivo. Cubukcuoglu *et al.* (2020) apresentam uma ferramenta baseada na simulação de eventos discretos que possibilita a modelagem do fluxo de pacientes e facilita a validação da correspondência entre elementos de planejamento espacial e a lógica operacional do serviço de saúde. Por fim, Lim *et al.* (2020) demonstram como a SED pode ser benéfica no enfrentamento à pandemia por COVID-19 através da utilização dela para explorar o impacto de diferentes

permutações da lista de funcionários, turnos e horários de trabalho e conformações organizacionais na transmissão da doença em um laboratório.

3 MÉTODO

Uma pesquisa científica é definida, segundo Gil (2007) como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. No presente artigo, o problema a ser resolvido diz respeito ao alto tempo de permanência do paciente em um PS, que deve ser reduzido. A realização desta pesquisa científica, portanto, baseia-se no desejo de fazer algo que pode impactar o mundo real (GERHARDT *et al.*, 2009).

Portanto, a presente pesquisa é classificada como de natureza “aplicada”, pois se caracteriza por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados na solução de problemas do mundo real, ou seja, de um pronto-socorro (TURRIONI e MELLO, 2012). Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como “explicativa”, pois foi investigado as causas e efeitos do fenômeno de interesse. Por fim, a abordagem da pesquisa é quantitativa, sendo que foi aplicado o método da modelagem e simulação. (TURRIONI e MELLO, 2012). A modelagem e simulação adotou a estrutura (concepção, implementação e análise) concebida pelos autores Montevechi *et al.* (2010). Para realizar a modelagem dos dados de entrada, que está dentro da fase de “concepção”, um extenso trabalho de cronoanálise dos tempos de execução dos atendimentos no cadastro e triagem foi executado durante 10 meses, para obtenção dos tempos apresentados por meio da Tabela 1.

Tabela 1 – Tempos utilizados na simulação computacional

Amostra (n)	R.01	R.02	Enf	Amostra (n)	R.01	R.02	Enf
1	300	139	160	31	868	95	161
2	240	131	147	32	165	530	140
3	180	492	173	33	100	620	82
4	120	134	148	34	391	79	158
5	120	262	115	35	262	48	48
6	120	201	178	36	212	452	159
7	120	75	197	37	53	160	138
8	120	95	140	38	168	140	75
9	120	80	132	39	680	182	73
10	180	197	517	40	215	208	72
11	540	49	121	41	224	154	77
12	240	172	123	42	151	151	113
13	540	776	202	43	99	156	109
14	240	20	156	44	307	84	193
15	120	118	94	45	105	200	295
16	180	108	126	46	456	107	105
17	420	94	127	47	547	96	119
18	480	130	130	48	190	78	213
19	120	261	146	49	117	483	174

20	120	48	74	50	1415	574	220
21	60	513	119	51	269	125	151
22	120	234	111	52	144	220	99
23	60	178	126	53	66	301	156
24	60	154	134	54	144	262	245
25	120	274	167	55	171	157	210
26	351	1080	210	56	117	165	84
27	153	250	76	57	442	192	207
28	316	100	129	58	998	398	195
29	127	78	38	59	534	122	174
30	126	420	237	60	171	160	159

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Finalmente, vale frisar que dois cenários foram criados. O cenário I retrata o estado vigente do PS, e o cenário II tem a função de melhorar a condição atual do PS. A Tabela 2, mostra com mais detalhes cada um dos cenários supracitados.

Tabela 2 – Cenários utilizados na simulação computacional

Cenário	Enfermeiro triagem	Recepcionista	Téc.enf pré-triagem	Téc.enf informação	Total
I	1	2	0	1	4
II	2	3	1	0	6

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

A abreviação “Téc.enf” quer dizer técnico de enfermagem. Vale mencionar que, o funcionário “Téc.enf informação” tem a função de apenas instruir os pacientes que entram no PS.

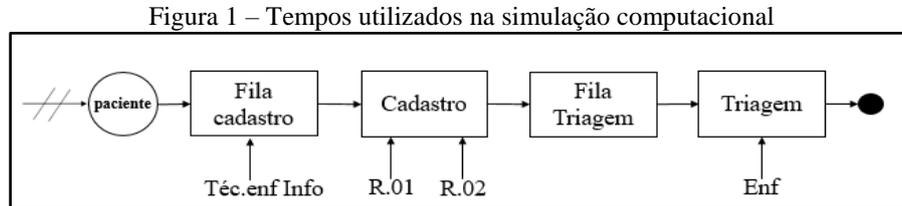
4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

O objeto de estudo do presente artigo é o pronto-socorro (PS) de um hospital regional de Minas Gerais. O hospital em questão é referência na sua microrregião e sua demanda de atendimento apresenta uma tendência ascendente para os próximos anos. Neste hospital, a rede de atendimento a emergências é reconhecida e classificada como multifuncional, por oferecer atendimento integral, equidade e eficiência de gestão e atendimento. Sendo que, atualmente atende 16 microrregiões do estado de Minas Gerais, correspondendo a 191 municípios com população estimada em 3.500.000 habitantes.

Na etapa inicial de atendimento, classifica-se por meio do *Protocolo de Manchester* os pacientes deste hospital de acordo com a gravidade de seu caso clínico e inicia-se o diagnóstico e posterior intervenção médica, caso seja necessário. A modelagem deste pronto-socorro, limitou-se apenas a fase de acolhimento. Portanto, o fluxo dos pacientes por todos os possíveis procedimentos médicos, até a alta ou encaminhamento para outro setor não foi considerada.

4.1 CENÁRIO I

Trata-se do cenário atual do objeto de estudo. A Figura 1, mostra o IDEF-SIM (LEAL *et al.*, 2008) construído na etapa de modelagem conceitual.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

O paciente chega no hospital *walk-in*, e dirige-se à fila de registro conforme a orientação do técnico de enfermagem, onde aguarda por alguns minutos nesta fila ou fica sentando quando a espera é muito alta. Na sequência, este paciente vai até o balcão de registro para realizar seu cadastro por uma das duas recepcionistas que, geralmente, estão neste posto de trabalho atendendo.

Após o cadastro, o paciente segue para fila de triagem, onde fica sentado aguardando ser chamado pelo enfermeiro que executa a triagem no pronto-socorro. Em seguida, o paciente é chamado para triagem, onde é triado por um enfermeiro que utiliza como referência o *Protocolo de Manchester*. Na sequência o paciente “entra no PS” para ser atendido clinicamente. Toda esta descrição acima, faz referência ao “acolhimento do paciente” e o projeto de simulação computacional limita-se apenas até este ponto.

Vale frisar que os pacientes que chegam como urgência e emergência são atendidos imediatamente e seguem, portanto, outro fluxo. Ou seja, os pacientes que não são *walk-in*, são classificados segundo o *Protocolo de Manchester* como “laranja” ou “vermelho”.

O software FlexSim® módulo *healthcare*, foi utilizado para realizar a construção do modelo computacional, conforme indica a Figura 2. Uma das principais informações utilizadas foram os tempos de atendimentos, obtidos por meio da cronoanálise (Tabela 1), e a taxa de chegada de pacientes que foi obtido por meio do sistema Philips Tasy® do PS. O tempo de simulação computacional considerado foi de 24 horas, pois trata-se de um pronto-socorro.

Figura 2 – Modelo computacional do cenário I

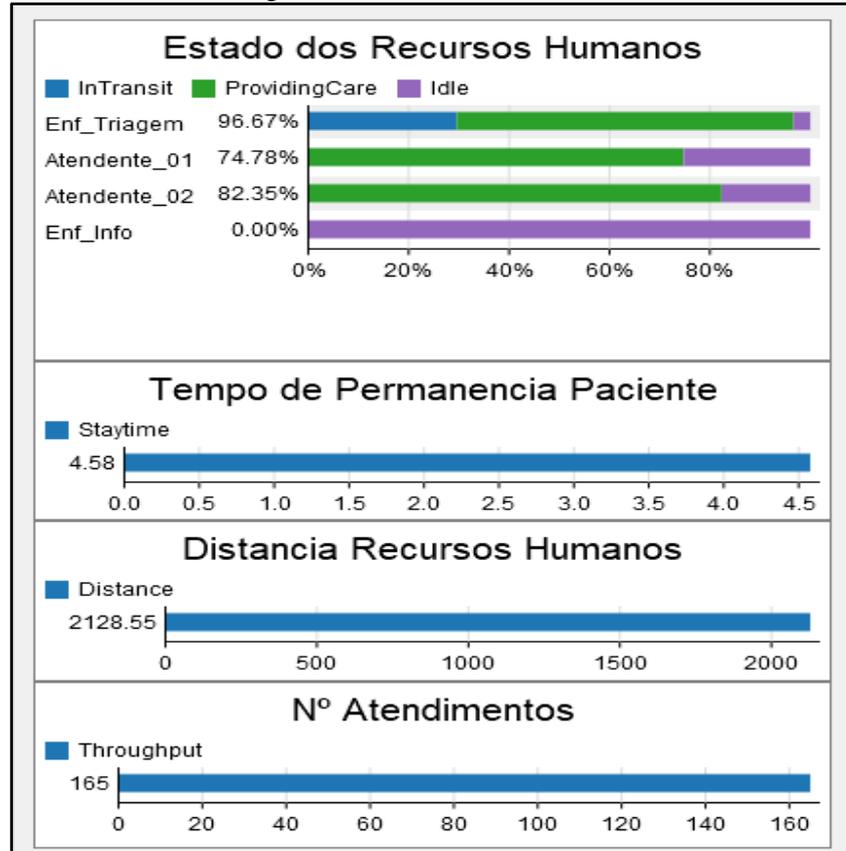


Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Os resultados do modelo computacional foram avaliados por meio de quatro parâmetros, definidos como *dashboards* neste projeto de simulação.

O primeiro parâmetro definido foi, o “estado dos recursos humanos” que tem a finalidade de medir a taxa de ocupação do recurso considerado. O segundo parâmetro definido foi, o “tempo de permanência do paciente” ou *length of stay*, que tem por função contabilizar por quanto tempo a entidade paciente fica dentro do modelo computacional. O terceiro parâmetro foi, a “distância recursos humanos”, que tem por função contabilizar o total percorrido pela equipe de assistência médica em metros durante o turno considerado. Por fim, teve-se o quarto parâmetro “Nº de atendimentos” que contabiliza a quantidade de pacientes que foram atendidos na etapa de acolhimento do PS. A Figura 3, mostra o resultado dos quatro parâmetros para o cenário I.

Figura 3 – Dashboards do cenário I



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

4.2 CENÁRIO II

Trata-se do cenário proposto para melhorar a condição vigente. O IDEF-SIM, sofre poucas alterações, pois apenas dois recursos adicionais são colocados nele. A Figura 4, mostra a etapa de triagem no modelo computacional construído.

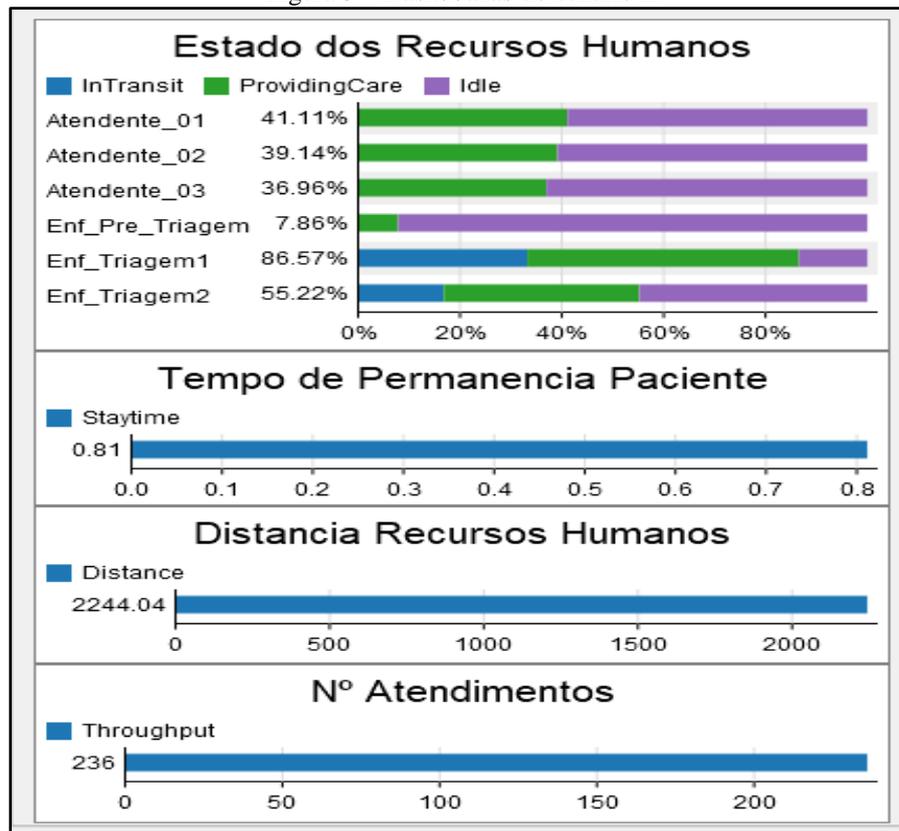
Figura 4 – Modelo computacional do cenário II



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Por fim, os relatórios apontam uma diferença significativa, sobretudo no parâmetro “tempo de permanência do paciente” que passa para 0,81 de horas, ou seja, aproximadamente 48 minutos como aponta a Figura 5. É importante frisar, também, que o número de atendimentos teve um aumento significativo de 43%.

Figura 5 – Dashboards do cenário II



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta demanda por serviços hospitalares atingiu níveis sem precedentes, e como consequência os pacientes que precisam de tratamento estão submetidos a tempos de espera prolongados enquanto a tomada de decisão é ineficiente. Isso ameaça à segurança do paciente e diminui a qualidade do serviço. Neste contexto, o objetivo do presente artigo foi alcançado com êxito, pois a simulação a eventos discretos (SED) em um pronto-socorro (PS) foi aplicada, e algumas melhorias foram propostas por meio do cenário II, no que tange principalmente à redução do tempo de permanência do paciente no sistema. Por conseguinte, os resultados evidenciam de forma direta que o cenário II proposto é desejável, pois o número de atendimentos em 24 horas aumenta para 236, e o tempo médio de permanência do paciente diminui para 48 minutos. Por fim, vale ressaltar que os tempos de espera obtidos podem ser

utilizados como uma referência inicial para a implantação de projetos *Lean Healthcare* seguindo as premissas concebidas por Rother e Shook (2002).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS) pelo apoio e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M. A., & ALKHAMIS, T. M. **Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait**. European journal of operational research, 198(3), 936-942, 2009.
- BAESLER, F. F., JAHNSEN, H., & DACOSTA, M. **The use of simulation and design of experiments for estimating maximum capacity in an emergency room**. In Winter Simulation Conference. Vol. 2, pp. 1903-1906, 2003.
- CARO, J. J., MÖLLER, J., KARNON, J., STAHL, J., & ISHAK, J. **Discrete event simulation for health technology assessment**. CRC Press, 2015.
- CUBUKCUOGLU, C., NOURIAN, P., SARIYILDIZ, I. S., & TASGETIREN, M. F. **A discrete event simulation procedure for validating programs of requirements: The case of hospital space planning**. SoftwareX, 12, 100539, 2020.
- DA SILVA CAROLINA, A. C. R., REIS, S. A. D. R. A., & SANTOS, P. G. D. S. G. **Gestão pública hospitalar: um estudo de caso do serviço de urgência e emergência de um hospital de grande porte do Distrito Federal**. Revista Gestão Industrial, 13(4), 2018.
- GABRIEL, G. T., CAMPOS, A. T., DE LIMA MAGACHO, A., SEGISMONDI, L. C., VILELA, F. F., DE QUEIROZ, J. A., & MONTEVECHI, J. A. B. **Lean healthcare integrated with discrete event simulation and design of experiments: an emergency department expansion** (No. e27881v1). PeerJ Preprints, 2019.
- GARCÍA, M. L., CENTENO, M. A., RIVERA, C., & DECARIO, N. **Reducing time in an emergency room via a fast-track**. In Proceedings of the 27th conference on Winter simulation (pp. 1048-1053), 1995.
- GERHARDT, T.E., SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**, ed.1, 2009.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**, ed. 4 ,2007.
- HAJRIZI, E., & BERISHA, D. **Application of Discrete Events Simulation for the Department of Emergency at Peja Regional Hospital Case Study Kosovo**. IFAC-PapersOnLine, 52(25), 376-381, 2019.
- HAMROCK, E., PAIGE, K., PARKS, J., SCHEULEN, J., & LEVIN, S. **Discrete event simulation for healthcare organizations: a tool for decision making**. Journal of Healthcare Management, 58(2), 110-124, 2013.
- KESHTKAR, L., RASHWAN, W., ABO-HAMAD, W., & ARISHA, A. **A hybrid system dynamics, discrete event simulation and data envelopment analysis to investigate boarding patients in acute hospitals**. Operations Research for Health Care, 26, 100266, 2020.
- KRAITSIK, M. J., & BOSSMEYER, A. **Simulation applied to planning an emergency department expansion**. In JG Anderson. 1992 Western Simulation Multiconference: Simulation in Health Care and Social Services (pp. 19-27), 1992.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.de; MONTEVECHI, J.A.B. **Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF**. In: Anais do XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, PB, 2008.

LIM, C. Y., BOHN, M. K., LIPPI, G., FERRARI, M., LOH, T. P., YUEN, K. Y., ... & HORVATH, A. R. **Staff rostering, split team arrangement, social distancing (physical distancing) and use of personal protective equipment to minimize risk of workplace transmission during the COVID-19 pandemic: a simulation study**. Clinical biochemistry, 86, 15-22, 2020.

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

ROTHER M.; SHOOK J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

TURRIONI, J.B., MELLO, C.H.P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2012.

VILELA, F. F., BRAGA, C. C., CRUZ, J. R. B., BÓCOLI, G. M., & MONTEVECHI, J. A. B. **Discrete event simulation and lean production: quantification of waste in a pharmaceutical industry**. Journal of Lean Systems, 7(2), 2022.