



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Simulação de um Jogo de Logística Humanitária Visando Treinar Ações para Desastres Naturais

Felipe Carvalho da Silva

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC

Ricardo Villarroel Dávalos

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC

Resumo: A logística humanitária tem ganhado relevância devido ao aumento dos desastres naturais, como enchentes, que afetam milhões de pessoas globalmente. Este estudo foca na aplicação de simulações e jogos empresariais, especificamente o "Jogo da Cerveja", adaptados para a logística humanitária. A problematização reside nos desafios enfrentados durante as operações logísticas em emergências, como a necessidade de respostas rápidas e eficientes. O objetivo do artigo é testar, por meio de um modelo de simulação, diferentes cenários de demanda e gestão de estoques em contextos de desastre, utilizando dados reais fornecidos pela Defesa Civil de Santa Catarina. A metodologia adotada envolve a modelagem conceitual e computacional do jogo, com análises de dados históricos de demandas por cestas básicas. Os resultados demonstram que o modelo pode ser uma ferramenta útil para o treinamento de gestores, permitindo uma resposta mais eficaz em situações de crise.

Palavras-chave: Logística Humanitária, Simulação, Cadeia de Suprimentos, Jogo da Cerveja.

Humanitarian Logistics Game Simulation Aiming to Train Actions in Natural Disasters

Abstract: Humanitarian logistics has gained relevance due to the increase in natural disasters, such as floods, which affect millions of people globally. This study focuses on the application of simulations and business games, specifically the "Beer Game," adapted for humanitarian logistics. The problem addressed lies in the challenges faced during logistical operations in emergency situations, such as the need for quick and efficient responses. The objective of the article is to test, through a simulation model, different demand and stock management scenarios in disaster contexts, using real data provided by the Civil Defense of Santa Catarina. The methodology adopted involved the conceptual and computational modeling of the game, with analyses of historical data on demand for basic food baskets. The results show that the model can be a useful tool for training managers, allowing for a more effective response in crisis situations.

Keywords: Humanitarian logistics, Simulation, Supply Chain, Beer Game.

1. Introdução

Devido aos recentes acontecimentos na região Sul do Brasil, percebe-se a importância da logística humanitária para atender a população vulnerabilizada pelas enchentes. Há evidências (IPCC, 2001) de que eventos extremos como secas e enchentes têm afetado a vida das pessoas em diferentes partes do planeta.

A logística humanitária desempenha um papel fundamental em situações de desastres naturais, garantindo que alimentos, água, medicamentos e abrigo cheguem rapidamente às pessoas que mais precisam. Quando um desastre acontece, é essencial que os recursos sejam mobilizados e entregues de forma eficiente, pois o tempo é um fator crucial para salvar vidas. No entanto, responder a essas emergências não é tarefa fácil, já que as operações logísticas enfrentam desafios como a destruição de estradas, a falta de comunicação e a necessidade de agir rapidamente diante de cenários imprevisíveis (Kovács & Spens, 2007).

Nesse contexto, a simulação surge como uma aliada importante para planejar e coordenar as ações de socorro. Através da criação de cenários que imitam situações reais, a simulação permite que equipes possam se preparar melhor, identificando possíveis problemas antes que eles aconteçam e encontrando soluções mais eficazes para a distribuição de recursos. Além disso, essa ferramenta oferece uma forma segura de treinar profissionais e testar diferentes estratégias, garantindo que as respostas a futuras emergências sejam mais ágeis e eficientes (Özdamar & Ertem, 2015).

Sob esse enfoque, considerando que a logística humanitária se diferencia da logística tradicional em diversos aspectos e que tem sido acionada com maior frequência devido ao crescimento dos desastres naturais ao redor do mundo, torna-se fundamental o desenvolvimento de novos estudos na área. Nesse sentido, os jogos de empresas são uma ferramenta relevante para aprofundar o tema. Eles permitem que os tomadores de decisão experimentem cenários simulados, o que facilita a análise de resultados e pode auxiliar esses gestores a aprimorar suas estratégias (BERTAZZO et al., 2018).

Como forma de corroborar com a Defesa Civil do estado, este modelo de simulação testa diversos valores de estoques da rede logística, a fim de garantir que esses estoques sejam suficientes para suprir as demandas simuladas.

Com isso, espera-se testar diversos cenários com uma distribuição contínua de demandas baseadas no banco de dados fornecido pela Secretaria de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina – SEDEC/SC seguindo os mesmos princípios do “Jogo da Cerveja”.

O presente artigo está dividido em cinco partes. A primeira seção tem caráter introdutório a fim de contextualizar o leitor acerca dos eventos atuais e motivação para a realização do trabalho. A segunda fala sobre a metodologia, que relata de forma mais detalhada os processos que foram feitos nesse estudo, seguida pela seção dos referenciais teóricos, onde é mostrado definições e características principais de elementos chave deste estudo. Na quarta seção, nomeada “Modelagem e Resultado”, é mostrado como seria feita esta modelagem e adaptação do “Jogo da Cerveja” voltada a Logística Humanitária, além da sua implementação no AnyLogic e por fim, a quinta seção é a conclusão, onde são analisados o trabalho de forma geral juntamente com algumas considerações finais.

2. Referencial Teórico

Esta seção aborda os conceitos do Jogo da Cerveja, Logística Humanitária e Jogos de Empresa e as suas relações, destacando como o Jogo da Cerveja e os jogos de empresas podem ser aplicados para melhorar as operações logísticas humanitárias. Neste sentido, o estudo da logística é crucial tanto em contextos humanitários, especialmente na

coordenação de cadeias de suprimentos e na redução do tempo de resposta a crises. O Jogo da Cerveja, desenvolvido no MIT, é uma ferramenta popular para demonstrar as dinâmicas e desafios de uma cadeia de suprimentos tradicional, como a incerteza e a falta de comunicação. Já a logística humanitária envolve desafios específicos, como a necessidade de respostas rápidas a desastres e a gestão de recursos limitados em situações complexas. Jogos empresariais voltados para a logística humanitária funcionam como ferramentas de treinamento, simulando esses desafios e ajudando a aprimorar a eficiência em operações de crise.

2.1. Jogo da Cerveja

O Jogo da Cerveja (Beer Game), criado por Jay Forrester no final dos anos 1950 e popularizado na década de 1960, tem sido uma ferramenta educativa valiosa no estudo de cadeias de suprimentos. A simulação envolve quatro participantes (fábrica, distribuidor, atacadista e varejista), que devem coordenar a produção e o envio de cerveja ao consumidor final sem comunicação direta entre os estágios. O objetivo é minimizar os custos totais relacionados a estoques e pedidos, lidando com a variação da demanda, que é controlada apenas pelo estágio final da cadeia.

2.2. Logística Humanitária

A logística humanitária, ao contrário da logística tradicional, visa salvar vidas e reduzir o sofrimento durante crises, como desastres naturais e conflitos (Thomas & Kopczak, 2005). Ela envolve o planejamento, execução e controle da movimentação de bens e recursos em ambientes imprevisíveis e com infraestrutura limitada. A cadeia de suprimentos humanitária se divide em três fases: preparação, resposta e recuperação. Durante a resposta a desastres, a gestão eficiente de recursos é essencial para atender à demanda flutuante por itens de emergência. A coordenação entre diferentes atores e o uso de tecnologias emergentes, como rastreamento por satélite e inteligência artificial, são fundamentais para melhorar a previsão de demanda e a eficiência das operações.

2.3. Jogos de Empresa Aplicados à Logística Humanitária

Jogos de empresas são ferramentas eficazes para treinar profissionais em ambientes controlados, promovendo o desenvolvimento de competências em planejamento, tomada de decisão e resolução de problemas. No contexto da logística humanitária, essas simulações ajudam os participantes a enfrentarem desafios específicos, como a alocação eficiente de recursos em situações de emergência e a necessidade de cooperação entre diferentes organizações (Pettit & Beresford, 2009).

As simulações voltadas à logística humanitária espelham muitos dos desafios que os profissionais enfrentam no campo real, como a variabilidade da demanda, restrições de tempo e a necessidade de comunicação eficiente. Jogos de simulação humanitária como o HEG (Humanitarian Emergency Logistics Game) permitem que os participantes entendam as complexidades da cadeia de suprimentos humanitária e pratiquem a tomada de decisões em um ambiente de alta pressão.

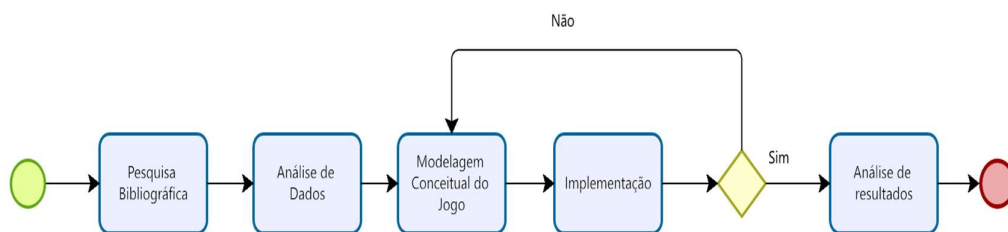
3. Metodologia

A simulação é apresentada como uma metodologia de um "experimento virtual" que requer um modelo operatório representando no todo (ou em parte) um sistema ou processos que o caracterizem. O uso dessa metodologia é analisado como forma de buscar um modelo, confirmá-lo ou fazer uma projeção de eventos futuros (Vicente, 2024).

Neste projeto, adotou-se uma abordagem metodológica composta por cinco etapas principais: pesquisa bibliográfica, análise de dados, modelagem conceitual do jogo,

implementação e análise dos resultados. A Figura 1 ilustra as etapas metodológicas utilizadas neste artigo.

Figura 1 – Etapas metodológicas utilizadas neste artigo



Fonte: Autores.

A seguir são descritas cada uma destas etapas mostradas na Figura 1.

3.1 Pesquisa Bibliográfica

A primeira etapa consistiu em uma ampla pesquisa bibliográfica sobre os temas do Jogo da Cerveja, logística humanitária e jogos de empresas aplicados à logística. Foram utilizados artigos acadêmicos, livros e fontes confiáveis para consolidar os conceitos e identificar práticas atuais na área. Esta revisão permitiu criar uma base teórica sólida para o desenvolvimento do jogo.

3.2 Análise de Dados

A Secretaria de Defesa Civil do estado de Santa Catarina (SEDEC/SC) disponibilizou dados de demandas de itens humanitários no período de 2013 a 2023 por meio de uma planilha no Excel. A partir dela foi possível fazer uma análise estatística dos dados para servir de embasamento para a distribuição de probabilidade implementada no modelo. Como exemplo, foi feito uma análise da demanda por cestas básicas e a análise estatística é apresentada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Análise Estatística da Demanda de Cestas Básicas

Parâmetro	Valor
Média	169,33
Mediana	100
Moda	100
Desvio Padrão	346,16
Variância	119828,04
Mínimo	5
Máximo	3850
Contagem	227

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Modelagem Conceitual do Jogo

A partir da revisão teórica, foi realizada a modelagem conceitual do jogo a ser utilizado no projeto. Nessa fase, definiu-se a dinâmica do jogo, os principais atores envolvidos, as regras e os fluxos de informação e mercadorias. A modelagem foi crucial para alinhar o jogo com as características das cadeias de suprimentos humanitárias.

3.4 Implementação

Nesta etapa o jogo modelado foi implementado no AnyLogic com base no modelo conceitual e na demanda analisada de cestas básicas. Onde foram definidas os agentes humanitários e as variáveis, além da programação da interface interativa do jogo.

Ainda nessa etapa, os dados reais de demandas coletados pela SEDEC/SC foram usados em uma distribuição triangular de probabilidade.

3.5 Análise dos resultados

A partir da simulação, obtêm-se o comportamento dos estoques das entidades envolvidas na cadeia logística de recursos humanitários e, principalmente o número de demanda não atendida. Como o principal objetivo da logística humanitária é garantir ajuda e a chegada de recursos humanitários, a análise da demanda não atendida é importante para atentar o usuário sobre a necessidade de aumentar os estoques em relação aos parametrizados por ele no início da simulação.

4. Modelagem e Simulação do jogo

A partir do software de simulação, AnyLogic Personal Learning Edition, foi estudado o modelo pronto do Beer Distribution Game para que, por meio dele, adaptaram-se as estruturas existentes ao modelo de simulação voltada para logística humanitária.

No caso do “Jogo da Cerveja”, há 4 entidades envolvidas: Fábrica, Distribuidor, Atacadista e Varejista – conforme Figura 2.

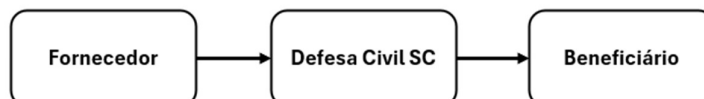
Figura 2 – Fluxograma Jogo da Cerveja



Fonte: Elaborado pelos autores.

No modelo de simulação voltada para logística humanitária segue essa mesma lógica. Porém há adaptações, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma Modelo de Simulação proposto



Fonte: Elaborado pelos autores.

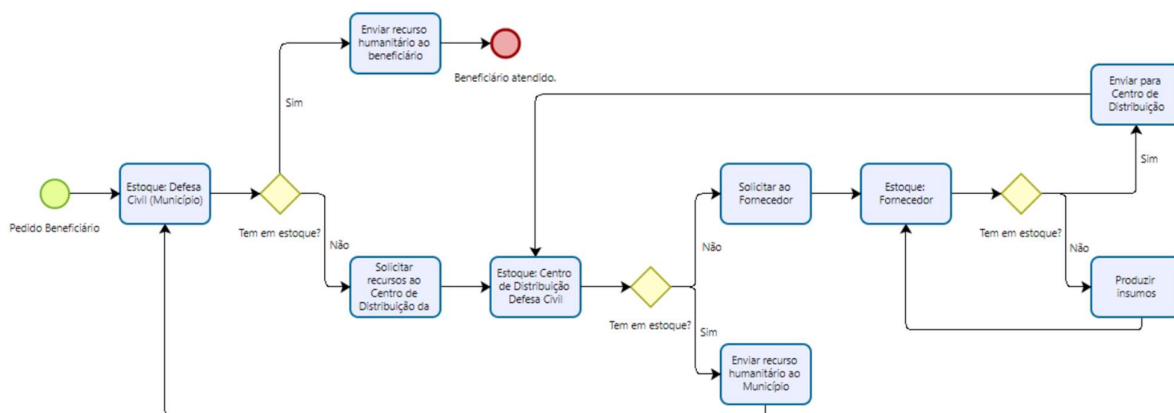
Vale salientar que os dados utilizados na simulação são de uma base de dados fornecida pela SEDEC/SC de um período de 10 anos (2013 – 2023). O que torna o modelo próximo à realidade enfrentada pela Defesa Civil nas ocorrências de desastres naturais.

4.1 Modelo Conceitual

Seguindo a lógica da Figura 3, foi montado um modelo conceitual no qual o foco é atender a demanda do beneficiário a partir dos estoques das entidades envolvidas. Nesse caso, tem-se como agentes: Defesa Civil/Município, Centro de Distribuição Regional da Defesa

Civil e Fornecedor. Onde, a demanda chega à instância municipal e este torna-se o responsável por atender essa demanda, conforme figura a seguir:

Figura 4 – Modelo Conceitual do Jogo Proposto



Fonte: Elaborado pelos autores.

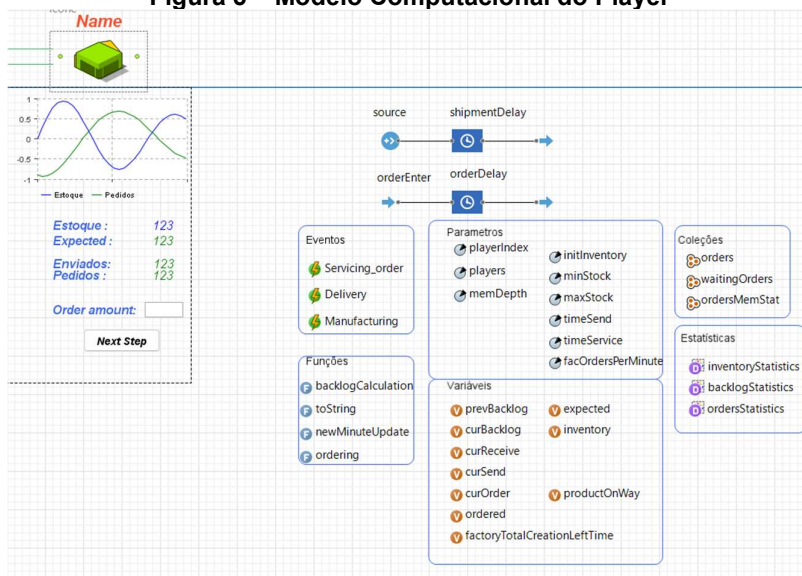
4.2 Modelo Computacional

O modelo conceitual (Figura 3) foi implementado no AnyLogic via programação por agentes. No caso do Modelo Computacional, há três agentes: Order, Player e Shipment, referindo-se ao pedido, à entidade e ao pedido enviado, respectivamente.

No espaço “Main” há a ligação entre os agentes envolvidos no processo de atendimento à demanda. Vale ressaltar que o beneficiário não aparece como agente no processo de simulação, apenas a demanda por meio da distribuição de probabilidade implementada. Neste caso, uma distribuição triangular com moda igual a 100, valor mínimo igual a 5 e valor máximo igual a 3850. É necessário corrigir esses valores para ficar de acordo com a unidade de tempo de modelo, minutos, visto que eles representam valores em dias de ocorrências.

Como situações de desastre costumam ter poucos dias de duração, optou-se por construir um modelo em minutos para garantir uma rápida resposta à população. O tempo de simulação fixado foi de 5760 minutos, o que representa uma ocorrência de 4 dias.

Figura 5 – Modelo Computacional do Player



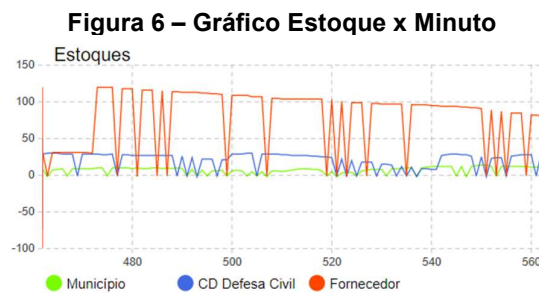
Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo computacional consiste na relação entre as entidades envolvidas, sendo o elo os pedidos de itens humanitários e o recebimento deles. Nesse modelo, há o agente Player que é configurado com o objetivo de promover essa integração com os outros agentes. Além disso, há a definição de variáveis, funções, parâmetros, eventos dinâmicos, coleções e estatísticas, visualizado na Figura 5.

4.3 Definição de Variáveis

Para a execução do modelo foi necessário criar variáveis e parâmetros para gerar e armazenar dados utilizados para análise posterior. Nesse modelo, cada agente recebeu parâmetros numéricos e variáveis para que, a partir dos eventos gerados, as variáveis assumam novos valores para a execução da simulação.

Além disso, as variáveis são de grande importância para gerar os gráficos de pedidos, de demanda não atendida e de estoque de cada entidade, como mostra a Figura 6.



Fonte: Elaborado pelos autores.

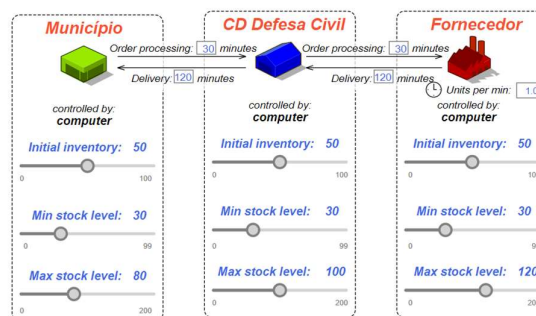
4.4 Interface Interativa

Como o objetivo desse projeto é ser uma ferramenta de treinamentos para aqueles que lidam com tomada de decisões em situações de desastres, foi criada uma interface de interação onde é possível que o jogador escolha qual entidade ele vai representar e a partir dela, escolher o pedido que será feito para manter o seu estoque mínimo e conseguir atender a demanda da entidade anterior.

No caso acima, trata-se de uma simulação de pedidos manual para a entidade de escolha do usuário. Porém há, também, a possibilidade de os pedidos serem feitos de forma automática a partir de intervalos de estoques mínimos e máximos estabelecidos pelo usuário no início da simulação, conforme Figura 7.

Figura 7 – Tela Inicial do Modelo Proposto

Clique em um ícone para controlar um player



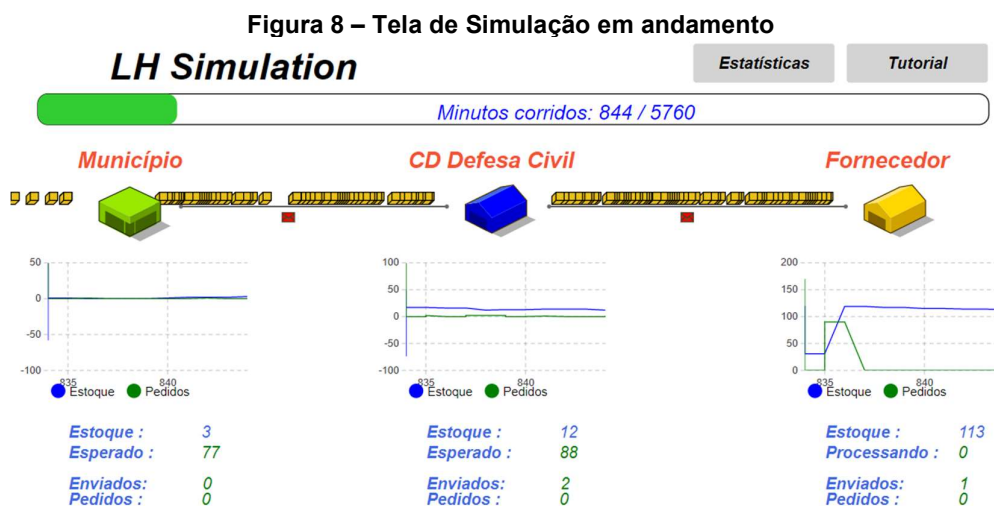
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.5 Resultados

A entrada de demandas reais e o controle dos estoques pelo usuário, permite analisar o comportamento de pedidos a serem feitos para assegurar uma devida assistência à população. No caso da simulação controlada pelo computador, na qual o usuário define apenas os intervalos de estoques e o pedido para estância seguinte é feita com base em um código em Java que retorna um valor de pedido de acordo com a diferença entre o estoque máximo e o estoque atual somado à demanda não atendida.

A partir disso, obtém-se um modelo de simulação apto a receber dados reais e simular intervalos de estoques, quando em modo automático, e pedidos quando em modo manual com o usuário definindo o valor de pedido a cada minuto de simulação.

Por meio do modelo, ele gera a cada minuto passado variações de estoque de acordo com a demanda do beneficiário e o efeito dela na cadeia de suprimentos humanitários. Na figura 8 é possível observar as interações entre entidades no envio de recursos baseados nos pedidos e na demanda inicial do beneficiário.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Conclusões

Este artigo apresentou um Modelo de Simulação para Logística Humanitária inspirado no "Jogo da Cerveja", proporcionando uma compreensão mais aprofundada do fluxo de itens essenciais em cenários de crise. Além disso, o modelo oferece uma ferramenta valiosa para treinamentos voltados à gestão de desastres, permitindo simulações de ações tanto centralizadas quanto descentralizadas, melhorando a eficácia das respostas em situações de crise humanitária.

Os resultados obtidos a partir da análise dos dados reais fornecidos pela Defesa Civil de Santa Catarina reforçam a relevância do uso de simulações para prever a demanda e otimizar o gerenciamento de estoques. A modelagem conceitual e computacional, implementada no software AnyLogic, permitiu que variáveis críticas fossem ajustadas em tempo real, oferecendo uma visão clara das interações entre as entidades envolvidas. A flexibilidade do sistema, que permite tanto a simulação manual quanto automática, é uma ferramenta poderosa para treinar profissionais que atuam na logística humanitária.

O uso de jogos empresariais e de simulação, como o "Jogo da Cerveja", tem mostrado grande eficácia na formação de gestores, especialmente em contextos que exigem respostas rápidas e decisões estratégicas com recursos limitados. No contexto da logística

humanitária, essa abordagem se torna ainda mais valiosa, dada a necessidade de minimizar falhas na entrega de suprimentos essenciais para a sobrevivência das vítimas de desastres naturais.

Assim, conclui-se que a simulação é uma ferramenta fundamental para preparar organizações e gestores para enfrentarem os desafios logísticos em cenários humanitários. Este estudo contribui para a academia e para a prática ao propor um modelo robusto e baseado em dados reais, capaz de aprimorar a resposta a crises e salvar vidas. Espera-se que futuras pesquisas possam expandir este modelo, integrando novas variáveis e tecnologias, como o cálculo de custos associados aos pedidos e aos estoques para aumentar os dados oferecidos e gerar um cenário mais completo de informações que envolvam a cadeia da logística humanitária.

Referências

BERTAZZO, T. R. et al. Mecanismos de coordenação em gestão de operações humanitárias: modelo conceitual de simulador e proposta de jogo de logística humanitária. **Gestão & Produção**, v. 25, p. 219-232, 2018.

Forrester, J. W. **Industrial dynamics**. MIT Press. 1961.

IPCC 2001: **Climate Change 2001**: Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press. 2001.

Kovács, G., & Spens, K. M. Humanitarian logistics in disaster relief operations. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 37(2), p. 99-114. 2007.

Özdamar, L., & Ertem, M. A. Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics. **European Journal of Operational Research**, 244(1), p. 55-65. 2015.

Pettit, S., & Beresford, A. Critical success factors in the context of humanitarian aid supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 39(6), 450-468. 2009.

Thomas, A., & Kopczak, L. **From logistics to supply chain management**: The path forward in the humanitarian sector. Fritz Institute. 2005.

Vicente P. **O uso de simulação como metodologia de pesquisa em ciências sociais**. Cadernos EBAPE.BR. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-39512005000100008>>. Acessado em: 22/10/2024.