

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS

IZABEL CRISTINA DE SOUZA

**A SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES NA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA:
APLICAÇÕES DO NETLOGO**

São Paulo

Março/2019

IZABEL CRISTINA DE SOUZA

**A SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES NA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA:
APLICAÇÕES DO NETLOGO**

Projeto de Dissertação apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. António César Galhardi.

São Paulo

Março/2019

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA
FATEC-SP / CPS – CRB8-8281

S729s Souza, Izabel Cristina de
A Simulação Baseada em Agentes na Logística Humanitária: aplicações do Netlogo / Izabel Cristina de Souza. – São Paulo : CPS, 2019.
189 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antônio César Galhardi
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2019.

1. Logística Humanitária. 2. Cadeia de Suprimentos Humanitária. 3. Evacuação. 4. Simulação Baseada em Agentes. 5. NetLogo. I. Galhardi, Antônio César. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

IZABEL CRISTINA DE SOUZA

**A SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES NA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA:
APLICAÇÕES DO NETLOGO**

Prof. Dr. Antônio César Galhardi

Prof. Dr. Fabrício José Piacente

Prof. Dr. Wagner César Lucato

São Paulo, 28 de março de 2019

Para o Carlos, por todo apoio, incentivo e
colaboração,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãs, pela educação e amor com que me criaram e em especial para avó Aparecido de quem tenho certeza que herdei a curiosidade e fome de saber.

Ao meu orientador Prof. Dr. António César Galhardi, pela disponibilidade, paciência, incentivo e dedicação nas orientações, e pelos relevantes ensinamentos no processo de aprendizagem em pesquisa.

Aos professores do programa de Mestrado Profissional do Centro Paula Souza, por todo conhecimento compartilhado, e aos colegas de turma pela troca de conhecimento, amizade e companheirismo.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com esta pesquisa, o meu muito obrigado!

Instrua o homem sábio,
e ele será ainda mais sábio;
ensine o homem justo,
e ele aumentará o seu saber.

Provérbios 9:9

RESUMO

DE SOUZA, I. C. **A Simulação Baseada em Agentes na Logística Humanitária: Aplicações do Netlogo.** 189f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2019.

Desastres ocorrem com frequência em todo o mundo, e sua incidência e intensidade vem aumentando nos últimos anos. Eles podem levar à perda generalizada de vidas, direta e indiretamente, e afetar grandes segmentos da população, além de causar danos ambientais significativos e prejuízos sociais e econômicos em larga escala. Assim, surge a logística humanitária, definida como o processo de planejamento, implementação e controle de fluxo, armazenamento eficiente e econômico de bens e materiais, bem como informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, da evacuação das pessoas da zona de risco, com o objetivo de aliviar o sofrimento de pessoas vulneráveis a esses acidentes. A otimização dos processos na Logística Humanitária pode contar por sua vez, com a simulação computacional, uma das técnicas mais utilizadas devido a sua flexibilidade, versatilidade e poder de análise. O presente trabalho tem como objetivo aplicar modelos de Simulação Baseada em Agentes, a partir de um *software* livre, o NetLogo, para representar ações que possam ser aprendidas e planejadas antecipadamente, no sentido de promover a compreensão suficiente para uma gestão eficaz da Logística Humanitária. A metodologia adotada utilizou-se da Modelagem e Simulação no ambiente NetLogo, que permite autoria de modelos específicos. Esta pesquisa se justifica pelo crescente aumento no interesse pelo tema, o que foi demonstrado pela análise bibliométrica realizada; e pelos casos de aplicação utilizados. A presente pesquisa permitiu identificar as aplicações na Logística Humanitária da Simulação Baseada em Agentes, que é atualmente utilizada nas mais diferentes áreas do conhecimento, e de diferentes maneiras. Especificamente na Logística Humanitária permite o aprendizado de estratégias importantes no socorro às vítimas de desastres e a consequente otimização dos processos.

Palavras-chave: Logística Humanitária. Cadeia de Suprimentos Humanitária. Evacuação. Simulação Baseada em Agentes. NetLogo. Sistemas Produtivos.

ABSTRACT

DE SOUZA, I. C. **A Simulação Baseada em Agentes na Logística Humanitária: Aplicações do Netlogo.** 189f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2019.

Disasters occur frequently throughout the world, and their incidence and intensity has been increasing in recent years. They can lead to widespread loss of life, directly and indirectly, and affect large segments of the population, as well as causing significant environmental damage and large-scale social and economic damage. Thus, humanitarian logistics, defined as the process of planning, implementing and controlling the flow, efficient and economic storage of goods and materials, as well as related information from the point of origin to the point of consumption, of the evacuation of people from the zone with the objective of alleviating the suffering of people vulnerable to such accidents. The optimization of processes in Humanitarian Logistics can count on the computer simulation, one of the most used techniques due to its flexibility, versatility and analysis power. The present work aims to apply agent-based simulation models, from a free software, NetLogo, to represent actions that can be learned and planned, in order to promote enough understanding for effective management of Humanitarian Logistics. The methodology adopted was based on Modeling and Simulation in the NetLogo environment, which allows the authorship of specific models. This research is justified by the growing interest in the subject, which was demonstrated by the bibliometric analysis performed; and by the application cases used. The present research allowed to identify the applications in Humanitarian Logistics of Agent - Based Simulation, which is currently used in the most different areas of knowledge, and in different ways. Specifically, in Humanitarian Logistics, it allows the learning of important strategies in the relief of victims of disasters and the consequent optimization of processes.

Keywords: Humanitarian Logistics. Humanitarian Supply Chain. Evacuation. Agent-Based Simulation. NetLogo. Productive Systems.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Desastres naturais	25
Quadro 2: Fatores críticos de sucesso em uma cadeia de ajuda humanitária.....	57
Quadro 3: Comparação entre a Cadeia de Suprimentos Humanitária e Comercial.....	61

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Comparação entre plataformas de simulação.....	81
Tabela 2: Publicação por países.....	95
Tabela 3: Parâmetros utilizados na simulação do modelo cadeia de suprimentos	97
Tabela 4: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	98
Tabela 5: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	98
Tabela 6: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	98
Tabela 7: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	99
Tabela 8: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	99
Tabela 9: : Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	100
Tabela 10: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	100
Tabela 11: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	101
Tabela 12: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor.....	101
Tabela 13: Simulação Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores.....	102
Tabela 14: Simulação Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores.....	102
Tabela 15: Simulação Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores.....	102
Tabela 16: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores	103
Tabela 17: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores	103
Tabela 18: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores	103
Tabela 19: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores	104
Tabela 20: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores	104
Tabela 21: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 2 distribuidores	105
Tabela 22: Parâmetros utilizados na simulação do modelo de evacuação Tsunami	106
Tabela 23: Parâmetros utilizados na simulação do modelo de evacuação - Trem	111
Tabela 24: Parâmetros utilizados na simulação do modelo de evacuação - Edifício ..	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de publicações 2000-2018	22
Figura 2: Visão geral da estrutura do trabalho	23
Figura 3: Ciclo de gerenciamento de desastres	30
Figura 4: Princípios Humanitários	34
Figura 5: Mapa dos atores envolvidos em ajuda humanitária	35
Figura 6: Estrutura da Cadeia de Ajuda	38
Figura 7: Estrutura da cadeia de ajuda	39
Figura 8: Fluxograma do método de pesquisa	84
Figura 9: Interface principal do NetLogo - Tela de inicialização	87
Figura 10: Biblioteca de modelos NetLogo	88
Figura 11: Aba de interface	89
Figura 12: Descrição de comandos na aba de procedimentos	90
Figura 13: Exemplo de sliders, contadores e gráficos do NetLogo	91
Figura 14: Instituições com maior índice de publicações	96
Figura 15: Simulação do modelo Tsunami com 2 saídas	106
Figura 17: Simulação do modelo Tsunami com 4 saídas	106
Figura 18: Simulação do modelo Tsunami com 6 saídas	107
Figura 19: Simulação do modelo Tsunami com 8 saídas	107
Figura 20: Simulação do modelo Tsunami com 10 saídas	107
Figura 21: Simulação Tsunami com velocidade 1	108
Figura 22: Simulação Tsunami com velocidade 1	108
Figura 23: Simulação Tsunami com velocidade 1	109
Figura 24: Simulação Tsunami com velocidade 1	109
Figura 25: Simulação Tsunami com velocidade 2	109
Figura 26: Simulação com Tsunami velocidade 2	110
Figura 27: Simulações Tsunami velocidade 2	110
Figura 28: Simulações Tsunami velocidade 2	110
Figura 29: Trens com intervalo de 60 segundos - Número de vagões: 2,4,6,8,10,12.	111
Figura 30: Trens com intervalo de 120 segundos e 2 vagões	112
Figura 31: Trem com intervalo de 120 segundos e com 4, 6, 8, 10 e 12 vagões	113
Figura 32: Trem com intervalo de 180 segundos e 2 vagões	113
Figura 33: Trem com intervalo de 180 e 4 vagões	114
Figura 34: Trem com intervalo de 180 segundos e com 6,8,10 e 12 vagões	114
Figura 35: Trem com intervalo de 240 segundos e 2 vagões	115
Figura 36: Trens com intervalos de 240 segundos e 4 vagões	115
Figura 37: Trens com intervalo de 240 segundos e com 6,8,10 e 12 vagões	115
Figura 38: Trens com intervalo de 300 segundos e 2 vagões	116
Figura 39: Trens com intervalo de 300 segundos e com 8,10 e 12 vagões	116
Figura 40: Trens com intervalo de 300 segundos e 4 vagões	117
Figura 41: Trens com intervalo de 300 segundos e 6 vagões	117
Figura 42: Trens com intervalo de 300 segundos e com 8,10 e 12 vagões	117
Figura 43: Trens com intervalo de 360 segundos e com 2 vagões	118
Figura 44: Trens com intervalo de 360 segundos e 4 vagões	118

Figura 45: Trens com intervalo de 360 segundos e com 6 vagões	119
Figura 46: Trens com intervalo de 360 segundos e com 8 vagões	119
Figura 47: Trens com intervalo de 360 segundos e com 10 e 12 vagões.....	119
Figura 48: Intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e 2 vagões	120
Figura 49: Intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e 6 vagões	121
Figura 50: Intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e 12 vagões	121
Figura 51: Intervalo de chegada de pessoas de 15 segundos e 2 vagões	122
Figura 52: Intervalo de chegada de pessoas de 15 segundos e 6 vagões	122
Figura 53: Intervalo de chegada de pessoas de 15 segundos e 12 vagões	123
Figura 54: Intervalo de chegada de pessoas de 30 segundos e 2 vagões	123
Figura 55: Intervalo de chegada de pessoas de 30 segundos e 6 vagões	124
Figura 56: Intervalo de chegada de pessoas de 30 segundos e 12 vagões	124
Figura 57: Número inicial de pessoas – 300	126
Figura 58: : Número inicial de pessoas - 600.....	126
Figura 59: Número inicial de pessoas - 900.....	126
Figura 60: Número inicial de pessoas - 1200.....	127
Figura 61: Número inicial de pessoas - 1500.....	127
Figura 62: Número de pessoas inicialmente assustadas - 60.....	127
Figura 63: Número de pessoas inicialmente assustadas - 120.....	128
Figura 64: Número inicial de pessoas inicialmente assustadas - 180.....	128
Figura 65: Número de pessoas inicialmente assustadas - 240.....	128
Figura 66: Número de pessoas inicialmente assustadas - 300.....	129

LISTA DE SIGLAS

CREED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
DFID	Department for International Development
EM-DAT	Internacional Disaster Database
HRG	Humanitarian Research Group
HUMLOG	Humanitarian Logistics and Supply Chain Research Institute
IFRC	The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies
INFORMS	Institute for Operations Research
INSEAD	Institut européen d'administration des affaires
LRN	Inspiring Principled Performance
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MSBA	Modelagem e Simulação Baseada em Agentes
ONGs	Organizações não-governamentais
POMS	Production and Operation Management Society
SUMA	Sistema de Gerenciamento de Suprimentos Humanitários
UNICEF	United Nations Children's Fund
UNISDR	Estratégia Internacional para a Redução do Risco de Desastres
USAID	United States Agency for International Development
WFP	World Food Program

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
Objetivos	20
Justificativa	21
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
1.1 Desastre.....	24
1.2 Avaliação e gerenciamento de Risco.....	26
1.3 Ajuda Humanitária.....	33
1.4 Operações de ajuda/socorro.....	36
1.5 Coordenação da cadeia de ajuda humanitária.....	42
1.6 Logística Humanitária.....	45
1.7 Cadeia de Suprimentos Humanitária.....	50
1.8 Sistemas de informação em emergências humanitárias.....	63
1.9 Comunicação em Emergências.....	66
1.10 Transparência e Informação na Gestão de Suprimentos de Emergência.....	70
1.11 Teoria dos jogos.....	71
1.12 Modelagem e Simulação Baseada em Agentes.....	74
1.13 Plataformas de Simulação Baseadas em Agente - SBA.....	80
2 MÉTODO	83
2.1 Análise Bibliométrica.....	85
2.1.1 <i>Definição de palavras-chave e operadores booleanos</i>	85
2.2 Desenvolvimento do modelagem e simulação.....	86
2.2.1 <i>Desenvolvimento do modelo de simulação Cadeia de Suprimentos</i>	92
2.2.2 <i>Desenvolvimento modelo de simulação Tsunami</i>	93
2.2.3 <i>Desenvolvimento do modelo de simulação evacuação por trem</i>	93
2.2.4 <i>Desenvolvimento do modelo de simulação edifício</i>	94
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
3.1 Análise Bibliométrica.....	95
3.2 Implementação do modelo de simulação cadeia de suprimentos.....	97
3.3 Implementação do modelo de simulação de evacuação de <i>Tsunami</i>	105
3.4 Implementação do modelo de simulação evacuação - trem.....	111
3.5 Implementação do modelo de simulação evacuação de um edifício.....	125
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	129

REFERÊNCIAS	131
APÊNDICE A - Resultado da realização de três simulações utilizando o modelo do NetLogo de evacuação <i>Tsunami</i>	139
APÊNDICE B - Resultado da realização de três simulações utilizando o modelo do NetLogo de evacuação Trem.....	148
APÊNDICE C - Resultado da realização de três simulações utilizando o modelo do NetLogo de evacuação Edifício.....	184

INTRODUÇÃO

Desastres ocorrem com frequência em todo o mundo, e sua incidência e intensidade vem aumentando nos últimos anos. Eles podem levar à perda generalizada de vidas, direta e indiretamente, e afetar grandes segmentos da população, além de causar danos ambientais significativos e prejuízos sociais e econômicos em larga escala (ECLAC, 2003).

O número de desastres duplicou globalmente desde 1980, o que representou US\$ 100 bilhões/ano de danos e perdas desde a virada do século. Destacando exemplos de desastres naturais: o furacão Katrina em 2005; o terremoto no Haiti em 2010; o triplo desastre em Fukushima (Japão) em 2011; consistindo de um terremoto, seguido por um tsunami e um desastre tecnológico nuclear; o segundo pior desastre nuclear desde Chernobyl em 1986, a Supertempestade Sandy em 2012, ciclone tropical Haiyan em 2013 e o terremoto no Nepal em 2015. Os desastres de longa duração e duradouros incluem o desastre político e humanitário da crise de migração dos refugiados sírios, que se intensificou em 2015 e continua acontecendo. A crise do Ebola na África Ocidental, que atingiu o pico em 2015, e foi o maior surto da história (WATSON *et al.*, 2015).

Os desastres têm um grande impacto nas condições de vida, desempenho econômico, ativos e serviços ambientais dos países ou regiões afetados. As consequências podem ser de longo prazo e podem afetar irreversivelmente as estruturas econômicas e sociais e o meio ambiente. Em países desenvolvidos os desastres causam danos massivos ao grande estoque de capital acumulado, enquanto as perdas de vidas humanas são limitadas devido à disponibilidade de sistemas de alerta antecipado e evacuação, bem como melhor planejamento urbano e a aplicação de códigos e padrões estritos de construção. Nos países em desenvolvimento, por outro lado, as fatalidades costumam ser maiores devido à falta ou inadequação dos programas de previsão e evacuação. Embora as perdas de capital possam ser menores em termos absolutos quando comparadas com aquelas dos países desenvolvidos, seu peso relativo e impacto geral tendem a ser mais significativos, e que afetam inclusive a sustentabilidade (ECLAC, 2003).

Dados publicados pela *Internacional Disaster Database* - EM-DAT, responsável pelo *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* - CRED da *Université Catholique de Louvain* na Bélgica mostra que, em 2017, ocorreram 318 desastres naturais em 122 países. O impacto disso resultou em 9.503 mortes, 96 milhões de pessoas afetadas e US\$ 314 bilhões em danos econômicos (EM-DAT, 2018).

Fatores como mudança climática, crescimento populacional, urbanização caótica, insegurança alimentar, escassez de água, movimentos maciços de pessoas – tornam-se cada vez mais interligadas podendo ocasionar situações humanitárias dramáticas (UNOCHA, 2018).

Em dezembro de 2004, o tsunami no Oceano Índico matou mais de 225 mil pessoas e deslocou milhões em outros países espalhados ao redor do Oceano, do Quênia à Indonésia. O atentado de 2001 contra o World Trade Center, em Nova York, gerou perdas diretas e indiretas e um prejuízo de bilhões de dólares. Esses são problemas intratáveis que testam a capacidade das comunidades, nações e regiões de proteger efetivamente suas populações e infraestrutura, reduzir a perda de pessoas e propriedades e se recuperar rapidamente (ALTAY e GREEN, 2005).

Em 5 de novembro de 2015, o Brasil sofreu seu pior desastre ecológico quando uma barragem de minas de ferro (barragem de Fundão) desmoronou no município de Mariana/MG, provocando a liberação de rejeitos ricos em metais com concentrações que afetam a saúde humana e do ecossistema. Práticas de gestão imprudentes da mineradora Samarco (coproprietária da brasileira Vale e da australiana BHP Billiton) causaram uma queda de 55 a 62 milhões de m³ de rejeitos de minério de ferro diretamente para a bacia hidrográfica do rio Doce. As perdas materiais e ambientais são estimadas em mais de 20 bilhões de dólares e deixou 19 mortos. Tragicamente, alguns impactos são irreversíveis, tais como, vidas humanas, integridade do ecossistema e processos ecológicos, estética da paisagem e valores culturais (GFT, 2016).

A preocupação imediata após a tragédia de Mariana foi rever os procedimentos de alerta em caso de rompimento. Não havia qualquer sistema de sirenes nas barragens da Samarco que rompeu em 2015. Na época, os próprios moradores tiveram que alertar uns aos outros ao perceberem que uma tragédia estava prestes a ocorrer. O rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, destruiu o subdistrito de Bento Rodrigues, que ficava a cerca de 6 km do local do acidente (PASSARINHO, 2019).

A legislação brasileira em 2015 já exigia a elaboração de um plano de emergência para barragem, mas a barragem de Fundão não continha sequer uma estratégia para alertar diretamente os moradores de Bento Rodrigues (PASSARINHO, 2019).

No dia 25 de janeiro de 2019 outra barragem da mineradora Vale se rompeu em Minas Gerais dessa vez em Brumadinho, na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Nesse caso as próprias instalações administrativas da Vale e o refeitório dos funcionários ficavam à jusante

da barragem, ou seja, logo abaixo dela, exatamente no caminho da lama em caso de rompimento com a distância aproximada de 1,6 Km. Além disso, a pousada Nova Estância e o povoado de Vila Feterco, que abrigam casas e sítios, ficavam a cerca de 2 km da barragem (PASSARINHO, 2019).

Após a tragédia de Mariana, foi aprovada lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, que exige a instalação de sistema de alerta por sirenes nas barragens. No caso de Brumadinho, elas foram instaladas nas comunidades próximas à barragem, mas os moradores dizem que as sirenes não tocaram. A tragédia ocorreu no horário de almoço e pegou centenas de pessoas de surpresa. Quem sobreviveu teve poucos minutos para escapar (PASSARINHO, 2019).

Após a ocorrência do desastre em Brumadinho, a defesa civil retirou os moradores da região. A Cruz Vermelha enviou uma equipe de 50 voluntários, treinados em resgate, para a região. A Arquidiocese de Belo Horizonte iniciou uma campanha para arrecadar doativos para os atingidos pelo vazamento (G1, 2019).

Na ocorrência de desastres a necessidade de intervenção humanitária é projetada para salvar vidas e aliviar o sofrimento durante e após as emergências. Esta ajuda também é direcionada para a criação de um ambiente seguro onde possa ser alcançado o desenvolvimento sustentável para áreas vulneráveis.

Globalmente, milhares de organizações que trabalham nas várias facetas da ajuda humanitária formam um grupo extremamente heterogêneo. Alguns são afiliados ao governo, agências bilaterais ou multilaterais; muitos estão associados a instituições educacionais, a maioria são organizações não-governamentais e organizações privadas.

As organizações de ajuda humanitária coordenam anualmente bilhões de dólares em assistência às vítimas de desastres, com a principal tarefa de mobilização de financiamento e bens de doadores internacionais, e a administração da ajuda a beneficiários vulneráveis em locais de desastre em todo o mundo (THOMAS, 2003).

Os socorros humanitários e organizações humanitárias em todo o mundo implementam uma ampla variedade de esforços com foco a recuperação de desastres, na redução da pobreza e na promoção dos direitos humanos (FALASCA e ZOBEL, 2011).

Muitos fatores contribuem para as dificuldades de coordenação no alívio de desastres, tais como o ambiente caótico pós-desastre, o grande número e variedade de atores envolvidos no socorro e a falta de recursos suficientes (BALCIK *et al.*, 2010).

A logística humanitária é composta por um conjunto de atividades que incluem: o processo de planejamento, a implementação e controle do fluxo eficiente e rentável de mercadorias, o armazenamento de materiais, bem como as informações relacionadas, desde o ponto de origem ao ponto de consumo (THOMAS e MIZUSHIMA, 2005).

Embora a logística humanitária apresente semelhança com a logística no setor privado, nas circunstâncias de um desastre a representação é diferente especialmente devido as condições operacionais.

A gestão final efetiva da cadeia de suprimentos humanitária tem que ser capaz de responder a múltiplas intervenções, muitas vezes em escala global, o mais rápido possível e dentro de um curto período. Portanto, as cadeias de suprimentos precisam ser: múltipla, global, dinâmica e temporária (WASSENHOVE, 2006).

Wassenhove (2006), afirma que o alívio de desastres é 80% logística, então a gestão da cadeia de suprimentos é essencial para o sucesso das operações logísticas humanitárias.

A otimização do desempenho logístico requer que todas as relações entre os atores envolvidos sejam gerenciadas, a fim de eliminar a redundância e maximizar a eficiência ao longo de toda a cadeia de suprimentos de emergência (WASSENHOVE, 2006).

Uma operação humanitária de sucesso mitiga as necessidades urgentes de uma população no menor tempo e com a menor quantidade de recursos (TOMASINI e WASSENHOVE, 2009).

A simulação baseada em agentes pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, tais como psicologia social, ciências sociais, informática, lógica matemática etc. Existem diversos tipos de ferramentas para simulação, este trabalho se limita a estudar a simulação baseada em agentes utilizando o *software* gratuito NetLogo, com aplicação em gestão de cadeia de suprimentos na área humanitária e evacuação de área de risco.

Objetivos

Considerando a importância da logística para o sucesso das operações humanitárias, este trabalho tem como objetivo aplicar modelos de simulação baseado em agentes para representar

ações que possam ser planejadas antecipadamente, no sentido de promover a compreensão suficiente para uma gestão eficaz da Logística Humanitária.

Como gestão eficaz da Logística Humanitária entende-se como uma operação que mitiga as necessidades urgentes de uma população com uma redução sustentável de sua vulnerabilidade no menor tempo e com a menor quantidade de recursos (WASSENHOVE, 2006).

Para concretização deste objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram delimitados:

1. Compreender o cenário das operações de atendimento às vítimas de desastres;
2. Identificar, analisar e comparar as similaridades e diferenças na gestão da cadeia de suprimentos empresarial e humanitária;
3. Identificar e analisar as características de evacuação de área de risco;
4. Apresentar simulações baseadas em agentes utilizando o *software* livre NetLogo que permitam estudar e compreender os mecanismos de evacuação de área de risco e a eficaz gestão da cadeia de suprimentos humanitária.

Justificativa

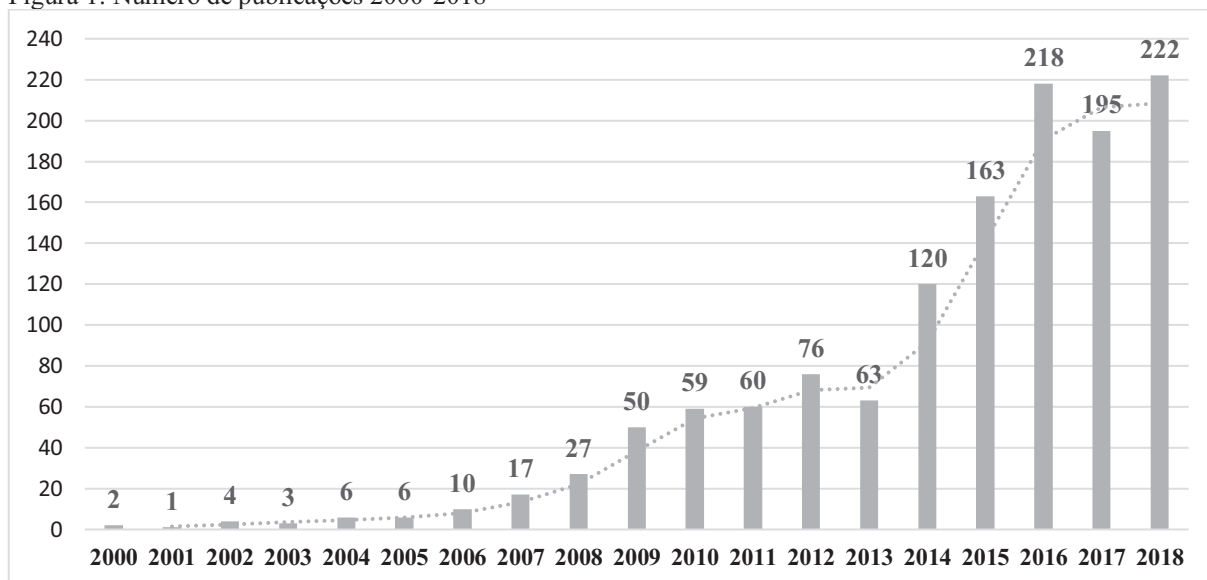
No setor humanitário há muito espaço para melhorias. Segundo Tomasini e Wassenhove (2009), melhorias no tempo de resposta da cadeia de suprimentos tem um impacto positivo sobre a população afetada e melhor retorno sobre as doações recebidas.

Durante anos a pesquisa e a prática da logística tiveram o foco e a aplicação em um contexto de negócios, ou seja, existia um conjunto limitado de pesquisa sobre a Logística Humanitária. Os estudos referentes a operação humanitária têm recebido crescente atenção nos últimos anos, visto o aumento no número de desastres ocorridos e a estimativa de aumento no número de desastres ao longo dos próximos cinquenta anos (THOMAS e KOPCZAK, 2005).

Para se analisar o crescimento do conhecimento e tendências da comunicação escrita referente a logística humanitária, foi realizada uma pesquisa bibliométrica em janeiro de 2019 utilizando a base de dados Web of Science, que apresenta trabalhos de vários países, em várias áreas do conhecimento científico, foram definidas e selecionadas as palavras-chave pertinentes

ao tema, como constatado pela análise bibliométrica o tema é atual e o número de publicações tem aumentado no decorrer dos anos, como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Número de publicações 2000-2018

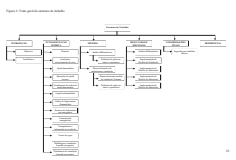


Fonte: Adaptado de Web of Science

Grande parte desse crescente interesse acadêmico reflete a importância atribuída à gestão da rede mundial de fornecedores e o crescente reconhecimento de que os aspectos logísticos de provisão de ajuda emergencial são um fator determinante de custos (TATHAM e PETTIT, 2010).

A Logística Humanitária passou a ser debatida em diferentes plataformas, sendo tema de sessões especiais em congressos renomados como o INFORMS, POMS, LRN. Foram publicadas edições especiais sobre o tema em periódicos como o POMS, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *Transportation Research Part E Journal of Production Economics*. Em 2011, foi publicado o primeiro periódico exclusivo sobre Logística Humanitária, o *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*. Ainda, foram criados grupos de estudo sobre o tema, como o do Instituto Fritz (KOVACS e SPENS, 2009).

A Figura 2 apresenta a estrutura desta dissertação e realça os principais tópicos e subtópicos abordados em cada um dos capítulos.



1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a revisão da literatura, com os principais conceitos que permeiam a discussão de logística humanitária e a coordenação de suas atividades.

1.1 Desastre

Desastre é definido como uma situação ou evento que sobrecarrega a capacidade local, necessitando de um pedido a nível nacional ou internacional para assistência externa, ou seja, um evento imprevisto e muitas vezes súbito que causa grandes danos, destruição e sofrimento humano. Embora muitas vezes causados pela natureza, os desastres podem ter origem humana (EM-DAT, 2018).

Desastre natural é entendido como o resultado de um perigo natural e vulnerabilidade humana que unida a capacidade de enfrentamento da sociedade influencia a extensão e gravidade dos danos recebidos (UNDP, 2004).

Desastres são uma série de rupturas no funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo perdas e impactos humanos, materiais, econômicos ou ambientais generalizados; que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada para lidar com a situação com seus próprios recursos. Desastres são frequentemente descritos como resultado da combinação de: a exposição a um perigo; as condições de vulnerabilidade presentes; e capacidade ou medidas insuficientes para reduzir ou enfrentar as potenciais consequências negativas. Os impactos de desastres podem incluir a perda de vidas, ferimentos, doenças e outros efeitos negativos ao bem-estar físico, mental e social; juntamente com danos à propriedade, destruição de bens, perda de serviços, ruptura social e econômica e degradação ambiental (UNISDR, 2009).

O impacto de um desastre é o efeito total, incluindo efeitos negativos (por exemplo, perdas econômicas) e efeitos positivos (por exemplo, ganhos econômicos) de um evento perigoso ou de um desastre. O termo inclui impactos econômicos, humanos e ambientais, podendo incluir morte, ferimentos, doenças e outros efeitos ao ser humano (UNISDR, 2015).

A *United Nations International Strategy for Disaster Reduction - UNISDR (2015)* classifica desastre como:

- a) Desastre em pequena escala: um tipo de desastre afetando apenas comunidades locais que requerem assistência além da comunidade afetada;
- b) Desastre em grande escala: um tipo de desastre que afeta uma sociedade que requer assistência nacional ou internacional;
- c) Desastres frequentes e infrequentes: dependem da probabilidade de ocorrência e do período de retorno de um dado perigo e seus impactos. O impacto de desastres frequentes pode ser cumulativo ou tornar-se crônico para uma comunidade ou uma sociedade.

Os desastres podem ter início lento, ou seja, é aquele que surge gradualmente ao longo do tempo. Estes podem estar associados, por exemplo, à seca, desertificação, aumento do nível do mar, doença epidêmica. Um desastre de início súbito é causado por um evento perigoso que surge rapidamente ou inesperadamente. Estes podem estar associados a, por exemplo, terremoto, erupção vulcânica, inundação repentina, explosão química, falha crítica de infraestrutura, acidente de transporte etc. (UNISDR, 2015).

Shaluf (2007) classifica os desastres por tipos de origem: natural, provocado pelo homem e híbrido/misto.

Os desastres de origem naturais são geralmente classificados como de origem geofísica, hidrológica, climatológica, meteorológica e biológica, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Desastres naturais

DESASTRES NATURAIS				
Geofísico	Hidrológico	Climatológico	Meteorológico	Biológico
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terremoto ▪ Vulcão ▪ Tsunamis ▪ Movimento de massa (queda de rochas, deslizamento de terra, avalanche, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enchente (inundação brusca e gradual,) ▪ Movimento de massa - molhada (queda de rochas, deslizamento de terra, avalanche, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura extrema (onda de calor, onda de frio, geada, granizo) ▪ Seca ▪ Incêndio florestal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tempestade (ciclone tropical, tormenta, vendaval, tufões, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epidemia (doenças infecciosas virais, bacterianas, fúngicas parasitárias) ▪ Infestação de insetos

Fonte: Adaptado de Guha-Sapir, Vos e Below (2012).

Desastres provocados pelo homem são aqueles eventos catastróficos que resultam de decisões humanas. São ocorrências desastrosas não naturais que podem ser súbitas ou a longo prazo. Os desastres súbitos provocados pelo homem incluem colapsos estruturais, prediais e de mineração quando isso ocorre independentemente, sem qualquer força externa. Além disso, os desastres aéreos, terrestres e marítimos são todos desastres provocados pelo homem. Desastres provocados pelo homem a longo prazo tendem a gerar conflitos nacionais e internacionais (IFRC, 2018).

Existem desastres que resultam tanto do erro humano quanto das forças naturais. Estes são classificados como desastres híbridos. Um exemplo de um desastre híbrido é a extensa degradação de florestas que causa erosão do solo e, posteriormente, chuvas fortes causam deslizamentos de terra (SHALUF, 2007).

Desastres de grande escala têm implicações humanitárias, sociais, de segurança, políticas e econômicas significativas. Os desastres deixam um grande número de pessoas doentes, deficientes, viúvas, órfãs, deslocadas ou sofrendo de transtorno de estresse pós-traumático. Em uma situação de emergência, o acesso das pessoas às necessidades básicas; tais como comida, remédios, roupas, abrigo e segurança é interrompido e grande parte da população pode perder o acesso a recursos e oportunidades econômicas. No nível individual, as vítimas de desastres perdem a autoconfiança e experimentam distúrbios psicológicos; por exemplo: desespero, desamparo, medo, insegurança, vulnerabilidade ou perda de fé. Mais amplamente, os desastres contribuem para (i) a fragmentação da comunidade ou sociedade; (ii) perda de identidade social; (iii) quebra de normas sociais, incluindo valores tradicionais como respeito a idosos e autoridade; e (iv) perda de redes informais de segurança social (ADB, 2004).

1.2 Avaliação e gerenciamento de Risco

O risco é a probabilidade de ocorrência de um evento adverso resultante de interações entre perigos naturais ou induzidos pelo homem e condições vulneráveis causando danos e prejuízos. Dois elementos são essenciais na formulação do risco: um potencial evento prejudicial, fenômeno ou atividade humana - perigo; e o grau de suscetibilidade dos elementos

expostos a essa fonte – vulnerabilidade. Então $\text{Risco} = \text{Perigos} \times \text{Vulnerabilidade}$ (UNDP, 2004).

O risco pode ser calculado como a interação entre a probabilidade de ocorrência de um perigo e a vulnerabilidade de uma comunidade ao perigo, juntamente com a capacidade da comunidade de enfrentar e se recuperar de um desastre (SORENSEN, VEDEL D e HAUG, 2006).

Já o perigo é um evento físico potencialmente prejudicial, é um fenômeno ou atividade humana que pode causar a perda de vida ou ferimentos, danos à propriedade, ruptura social e econômica ou degradação ambiental. Os perigos podem incluir condições latentes que representam ameaças futuras e tem origens diferentes: naturais (geológicas, hidrometeorológicas e biológicas) ou induzidas por processos humanos (degradação ambiental e riscos tecnológicos). Os perigos podem ser únicos, sequenciais ou combinados em sua origem e efeitos. Cada perigo é caracterizado pela sua localização, intensidade, frequência e probabilidade (UNDP, 2004).

Exemplo de perigos tecnológicos incluem poluição industrial, radiação nuclear, resíduos tóxicos, falhas de barragens, acidentes de transporte, explosões de fábricas, incêndios e vazamentos de produtos químicos. Os riscos tecnológicos também podem surgir diretamente como resultado dos impactos de um evento de risco natural (UNISDR, 2009).

De uma forma resumida é possível dizer que risco é um resultado medido do efeito potencial do perigo; enquanto o perigo pode ser definido como um conjunto de condições que apresentam uma fonte de risco mas não o risco em si (KOLLURU *et al.*, 1996).

Em desastres, um evento natural pode ser o evento acionador ou um elo em uma cadeia de causas. No entanto, mesmo onde há riscos naturais existem fatores sociais envolvidos que causam a vulnerabilidade das pessoas e podem ser rastreados até causas remotas e gerais. Essa vulnerabilidade é gerada por processos sociais, econômicos e políticos (BLAIKIE *et al.*, 1994).

A vulnerabilidade pode ser definida como estar propenso ou suscetível a danos ou ferimentos. A vulnerabilidade humana aos perigos resulta de uma interação complexa de práticas políticas, econômicas, sociais e ideológicas presentes em um determinado local e varia de acordo com um determinado risco e por características específicas daquela comunidade (BLAIKIE *et al.*, 1994).

A capacidade é a combinação de todos os pontos fortes, atributos e recursos disponíveis para uma organização, comunidade ou sociedade para gerenciar e reduzir a resiliência a desastres. A capacidade pode incluir infraestrutura, instituições, conhecimento e habilidades humanas e atributos coletivos, como relacionamentos sociais, liderança e gerenciamento. A capacidade de enfrentamento é a capacidade de pessoas, organizações e sistemas, usando as habilidades e recursos disponíveis, para gerenciar condições adversas, riscos ou desastres (BLAIKIE *et al.*, 1994).

Gerenciamento de risco é o processo sistemático de usar decisões administrativas, organizacionais, habilidades operacionais e capacidades para implementar políticas e estratégias de enfrentamento da sociedade e comunidades para diminuir os impactos de desastres. Isso envolve todas as formas de atividades, incluindo medidas estruturais e não-estruturais para evitar (prevenção) ou limitar (mitigação e preparação) os efeitos adversos dos perigos (SORENSEN, VEDELD e HAUG, 2006).

Para Pojasek (2008) um programa de gerenciamento de riscos oferece vários benefícios como: proteger as pessoas de danos; proteger o meio ambiente; conservar recursos (tempo, ativos, renda, propriedade e pessoas); melhorar a capacidade de preparação para eventos (previstos e imprevistos).

A avaliação de risco é utilizada para determinar a natureza e extensão do risco, tanto os riscos potenciais, como as condições existentes de vulnerabilidade que podem representar uma ameaça potencial ou danos às pessoas, as propriedades, aos meios de subsistência e ao ambiente dos quais eles dependem. As avaliações de risco incluem uma compreensão quantitativa e qualitativa detalhada do risco, seus fatores e consequências físicas, sociais, econômicas e ambientais (POJASEK, 2008).

A avaliação de risco engloba o uso sistemático de informações disponíveis para determinar a probabilidade de ocorrência de certos eventos e a magnitude de suas possíveis consequências. Esse processo inclui:

- a) Identificar a natureza, localização, intensidade e probabilidade de uma ameaça;
- b) Determinar a existência e o grau de vulnerabilidades e exposição a essas ameaças;
- c) Identificar as capacidades e recursos disponíveis para abordar ou gerenciar ameaças;
- d) Determinar níveis aceitáveis de risco.

O gerenciamento de riscos envolve a identificação proativa e a preparação para o que pode acontecer. O gerenciamento eficaz de riscos garante a identificação e a compreensão dos riscos expostos e permite a implementação um plano efetivo e sistemático para evitar perdas ou reduzir impactos financeiros (POJASEK, 2008).

Nas últimas décadas, organizações nacionais e internacionais estabeleceram protocolos para lidar com as situações de risco de desastres. A ONU desenvolveu um conjunto de estratégias, que resultaram em três grandes marcos: a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (década de 1990); o Quadro de Ações de Hyogo (período de 2005 a 2015); e o Marco de Sendai (período 2015-2030). Estes marcos estimulam o desenvolvimento de projetos de prevenção, redução do risco de desastres e a adaptação frente às mudanças ambientais globais (AMARAL e GUTJAHR, 2011).

Estabelecido pela *International Strategy for Disaster Reduction* – ISDR, é uma estrutura global de ação com vistas a permitir que todas as sociedades se tornem resilientes aos efeitos de um desastre, a fim de reduzir perdas humanas, econômicas e sociais. Envolve uma mudança conceitual de uma ênfase na resposta a desastres para o gerenciamento de riscos por meio da integração da redução de desastres no desenvolvimento sustentável. Os quatro objetivos da estratégia são:

- a) Aumentar a conscientização pública sobre a redução de desastres.
- b) Obter o compromisso das autoridades públicas.
- c) Estimular parcerias interdisciplinares e intersetoriais.
- d) Melhorar o conhecimento científico das causas dos desastres naturais e as consequências do impacto de desastres naturais.

O ciclo de gerenciamento de desastres é um processo dinâmico que engloba as funções clássicas de gerenciamento, planejamento, organização, equipe, liderança e controle. Envolve também muitas organizações que devem trabalhar em conjunto para prevenir, mitigar, preparar, responder e se recuperar dos efeitos do desastre (BLAIKIE *et al.*, 1994). Como pode ser observado na Figura 3, desastre e seu gerenciamento são atividades contínuas e vinculadas, e não apenas uma série de eventos que iniciam e param com cada ocorrência de desastre.

Os quatro principais componentes ou fases do ciclo de gerenciamento de desastres são (i) fase de desenvolvimento ou prevenção, (ii) desastre, (iii) resposta de emergência ou fase de transição e (iv) recuperação.

Figura 3: Ciclo de gerenciamento de desastres



Fonte: Asian Development Bank (2004).

Para as fases do ciclo de gerenciamento de desastre *The Asian Development Bank – ADP* (2004), apresenta as seguintes definições.

A **fase de desenvolvimento ou prevenção** refere-se ao desenvolvimento nacional e sua inclusão no ciclo de gestão de desastres para impedir a recorrência de um desastre e/ou impedir que sua ocorrência tenha efeitos prejudiciais sobre as comunidades ou os principais desastres.

A **resposta de emergência ou fase de transição** segue imediatamente o impacto do desastre e se aplica a um período relativamente curto, quando medidas de emergência são necessárias para lidar com os efeitos imediatos do desastre.

As medidas de emergência são principalmente direcionadas para salvar vidas; proteger a propriedade; e lidar com a interrupção imediata, danos e outros efeitos que o desastre causa em relação aos padrões de desenvolvimento socioeconômico.

A **recuperação** é o processo pelo qual as comunidades e a nação retornam ao seu nível normal de funcionamento após um desastre. O processo de recuperação pode ser extremamente demorado e durar de 5 a 10 anos ou mais, por exemplo, no caso de situações pós-conflito.

A prevenção e a preparação devem ser incorporadas ao processo de desenvolvimento de um país. Durante a fase de prevenção, as medidas de prevenção e preparação podem incluir (i) o desenvolvimento de estratégias de emergência regionais, nacionais e subnacionais; (ii) estabelecer um quadro de emergência institucional e regulatório adequado; (iii) realizar avaliações de risco e vulnerabilidade e desenvolver conceitos e instrumentos para a prevenção de crises, a transformação de conflitos e a construção da paz e aplicá-los à cooperação para o desenvolvimento, com o objetivo de institucionalizar esse processo; (iv) criação de sistemas de informação e alerta precoce, e uso de tecnologia de informação e comunicação para integração com redes de informação de desastres globais existentes, em tempo real; (v) equipar e treinar pessoal especializado; e (vi) promover o financiamento de fundos fiduciários nacionais e outros mecanismos para o financiamento sustentável da preparação para desastres, em cooperação com os setores público, privado e da sociedade civil (ADB, 2004).

As atividades de mitigação incluem: (i) proteção de infraestrutura crítica, reforço de estruturas vulneráveis e resolução de códigos de construção, uso da terra e zoneamento; (ii) construção de represas ou diques apropriados para evitar enchentes e construir quebra-mares em portos e áreas costeiras de baixa altitude; (iii) adquirir tecnologia de redução de risco; e (iv) fortalecer a governança e a coesão social. As medidas de mitigação, embora identificadas em programas de emergência, em particular na fase de transição, devem, portanto, fazer parte do processo de desenvolvimento nacional de um país (ADB, 2004).

Na sequência do desastre, a assistência imediata deve abordar a reabilitação de infraestruturas físicas e sociais de alta prioridade, por exemplo, água, saneamento, energia, comunicações, e transporte; a revitalização dos serviços básicos, particularmente educação e saúde; e a necessidade de impulsionar a produtividade econômica. Após o término da crise de emergência, porém, os esforços mudam para requisitos sociais, institucionais e de capacidade de transição. Estes incluem o social e a reintegração econômica de pessoas deslocadas, a desmobilização e reintegração de ex-combatentes e a restauração de serviços administrativos e de governança básicos (ADB, 2004).

Durante a fase de transição, a ênfase deve estar na parceria com agências especializadas (de assistência). Exemplos podem incluir (i) fornecer sementes e ferramentas em conjunto com o fornecimento de alimentos pelo Programa Mundial de Alimentos; (ii) apoiar o desenvolvimento de capacidades e a reabilitação de infraestruturas sociais de emergência (imediata) em parceria com o Fundo das Nações Unidas para a Infância ou a Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho para

revitalizar os serviços básicos e fornecer medicamentos e imunizações de emergência; e (iii) fornecer infraestrutura básica, treinamento em meios de subsistência e esquemas de emprego em cooperação com um programa de repatriação e reintegração do Alto Comissariado das Nações Unidas para os Refugiados (ADB, 2004).

Para Sorensen, Vedeld e Haug (2006) o aviso antecipado é um elemento crítico em eventos perigosos. Advertências claras, recebidas no tempo, aliadas ao conhecimento de como reagir, podem fazer a diferença entre a vida e a morte, entre a sobrevivência econômica e a ruína, para os indivíduos e para as comunidades. O aviso prévio deve evitar qualquer perda de vida e reduzir ao mínimo as perdas econômicas. É mais do que apenas uma previsão: um sistema de alerta antecipado completo e eficaz compreende uma série de quatro elementos:

- a) Conhecimento do risco: conhecimento prévio dos cenários de risco prováveis que as comunidades enfrentam;
- b) Serviço de monitoramento e alerta: capacidade de monitoramento desses riscos e mecanismos de decisão rápidos e confiáveis para alerta antecipado;
- c) Comunicação: divulgação de alertas compreensíveis para aqueles em risco.
- d) Capacidade de resposta: conhecimento e preparação para agir por todos os parceiros da cadeia de informação.

Falha em qualquer parte da cadeia pode significar quebra de todo o sistema. Muitos grupos são importantes para os sistemas de alerta precoce de desastres: funcionários públicos, líderes comunitários e empresariais, ONGs, cientistas, acadêmicos, professores, a mídia, líderes comunitários e, claro, chefes de família. Os melhores sistemas de alerta precoce encontram maneiras de vincular todos esses grupos e facilitar sua cooperação (SORENSEN, VEDELDE e HAUG, 2006).

Redução de desastres (ou redução de riscos de desastres) refere-se à estrutura conceitual de elementos que visam minimizar as vulnerabilidades e os riscos de desastres em toda a sociedade, evitando (prevenção) ou limitando (mitigação e preparação) os impactos adversos de perigos, dentro do amplo contexto de desenvolvimento sustentável (SORENSEN, VEDELDE e HAUG, 2006).

Redução do risco de desastre é o conceito e prática de reduzir os riscos de desastres por meio de esforços sistemáticos para analisar e reduzir os fatores causais de desastres. A redução da exposição a perigos, a diminuição da vulnerabilidade de pessoas e propriedades, o gerenciamento inteligente da terra e do meio ambiente e a melhoria da prontidão e alerta

precoce para eventos adversos são exemplos de redução do risco de desastres (UNISDR, 2018).

1.3 Ajuda Humanitária

O objetivo da ajuda humanitária é salvar vidas, aliviar o sofrimento e proteger a dignidade humana, tanto durante como após as crises provocadas pelo homem e ou desastres naturais. Intervenções humanitárias também trabalham para reduzir os riscos e fortalecer a preparação para diminuir os impactos dos desastres quando eles surgirem. As necessidades humanitárias de hoje estão crescendo e mudando rapidamente, devido a fatores como conflitos armados prolongados, deslocamentos em larga escala, vulnerabilidade crônica e desastres naturais cada vez mais frequentes e graves. Com a diferença entre o nível das necessidades humanitárias globais e os recursos disponíveis para atendê-las mais do que nunca, o aumento da eficiência da ação humanitária é cada vez mais crítico (RC, 2018).

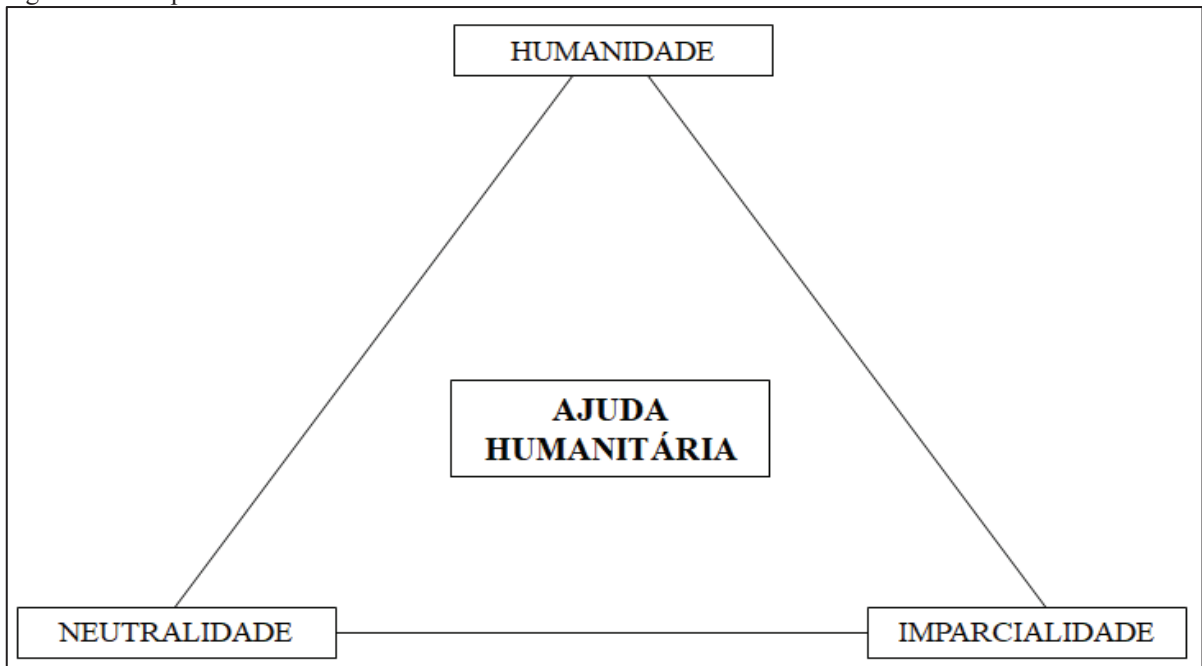
De acordo com a Resolução 46/182 da Assembleia Geral da ONU (19 de dezembro de 1991), a ajuda humanitária deve ser fornecida de acordo com os princípios de humanidade, neutralidade e imparcialidade. A adesão a esses princípios reflete uma medida de responsabilidade da comunidade humanitária.

- a) Humanidade: o sofrimento humano deve ser abordado onde quer que seja encontrado, com particular atenção para os mais vulneráveis da população, como crianças, mulheres e idosos. A dignidade e os direitos de todas as vítimas devem ser respeitados e protegidos;
- b) Neutralidade: a assistência humanitária deve ser fornecida sem envolver-se em hostilidades ou tomar partido em controvérsias de natureza política, religiosa ou ideológica;
- c) Imparcialidade: a assistência humanitária deve ser fornecida sem discriminação de origem étnica, sexo, nacionalidade, opiniões políticas, raça ou religião. O alívio do sofrimento deve ser guiado somente pelas necessidades e a prioridade deve ser dada aos casos mais urgentes de angústia.

Para Wassenhove (2006) as organizações humanitárias vivem de seus princípios de humanidade, neutralidade e imparcialidade. Em outras palavras, eles ajudarão a todos que

precisam, onde quer que sejam encontrados; não influenciará o resultado de um conflito com sua intervenção; e não favorecerá um grupo de beneficiários em detrimento de outro. Esses princípios definem o "espaço", no qual eles precisam ser capazes de operar para realizar seu trabalho com eficiência, o que pode ser apresentado como uma estrutura triangular que é flexível e dinâmica, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Princípios Humanitários



Fonte: Adaptado de Wassenhove (2006).

A ajuda humanitária é provida por uma gama crescente de atores, de maneiras diferentes, todos com um senso de solidariedade, mas sem um conjunto central de valores compartilhados (SCOTT, 2014).

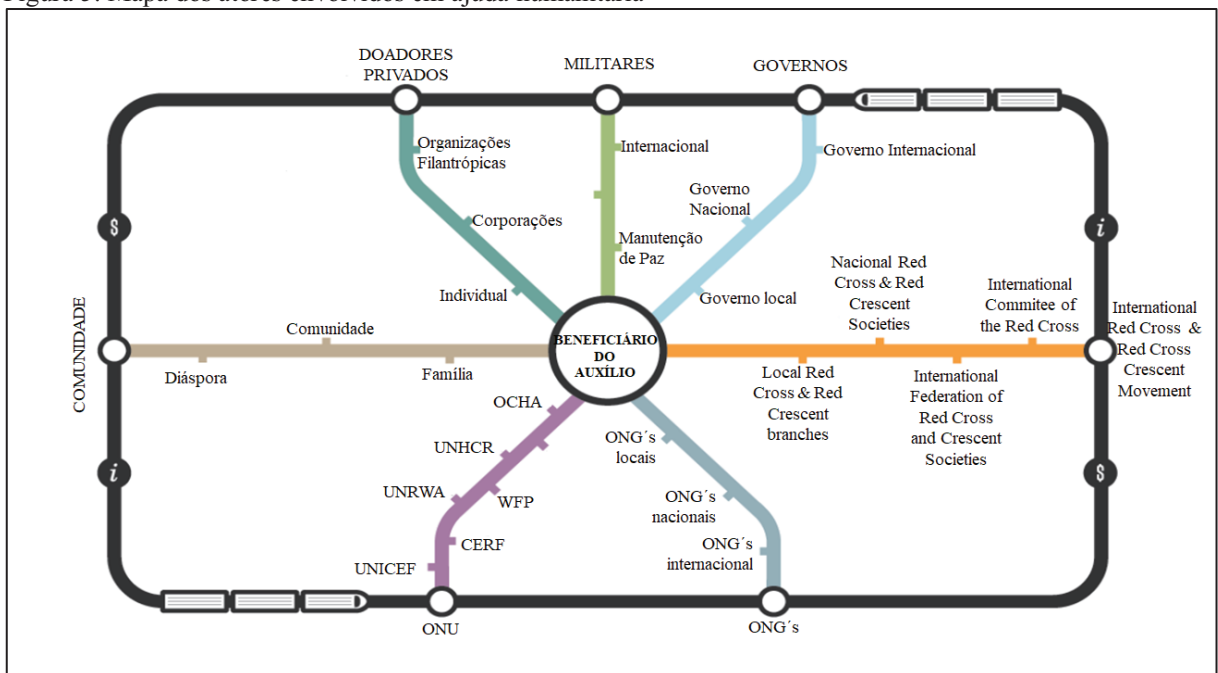
Os impulsionadores da cadeia global de ajuda humanitária, organizações de ajuda, dividem-se em três categorias:

1. Organizações que operam sob a “família” das Nações Unidas como a *United Nations International Children's Emergency Fund* – UNICEF, *Central Emergency Response Fund* – CERF, *World Food Program* – WFP, *United Nations Relief and Works Agency for Palestine Refugees in the Near East* - UNRWA, *United Nations High Commissioner for Refugees* – UNHCR, *Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*- OCHA, *Food and Agriculture Organization* – FAO;

2. Organizações internacionais como a *International Federation of Red Cross – IFRC*, sociedades, que operam como uma federação com escritórios nacionais que são auxiliares dos governos dos países;
3. Organizações Não-Governamentais.

Assim, é possível observar na Figura 5 que a gama de atores envolvidos no fornecimento de assistência humanitária é muito ampla e diversificada.

Figura 5: Mapa dos atores envolvidos em ajuda humanitária



Fonte: Adaptado de Scott (2014).

Este mapa é ilustrativo e pretende mostrar os principais grupos de pessoas envolvidas em ajudas humanitárias. Não pretende sugerir conexões lineares ou relações de financiamento.

Os beneficiários da ajuda recebem assistência de uma multiplicidade de fontes e, por vezes, a ajuda passa por vários intermediários antes de os alcançar. Eles têm poucas oportunidades de fornecer aos atores internacionais informações diretas sobre o que eles precisam ou receberam (SCOTT, 2014).

A ONU administra alguns mecanismos de financiamento e fornece apoio direto aos beneficiários da ajuda e canaliza parte de seu financiamento para outras agências de distribuição, inclusive organizações não governamentais. As organizações não governamentais fornecem apoio direto, mobilizam recursos e defendem ações e políticas. Os doadores privados fornecem dinheiro para organizações não governamentais internacionais

da ONU, organizações não governamentais locais, IFRC e diretamente para comunidades e indivíduos afetados. Os atores militares às vezes são destacados para apoiar a resposta humanitária a desastres naturais e estão frequentemente presentes em crises humanitárias, em missões de manutenção da paz e operações de segurança.

Os governos ativam o fluxo de logística humanitária uma vez que o desastre aconteça. Eles têm a autoridade para iniciar as operações e mobilizar os recursos. Os militares oferecem assistência essencial, pois os soldados são frequentemente solicitados a prestar assistência em diferentes áreas, incluindo instalações de campos e hospitais, reparando as rotas e as telecomunicações. Agências de ajuda, como o *World Food Programme* - WFP, dão apoio aos governos para aliviar o sofrimento causado por desastres. Os doadores fornecem a maior parte do financiamento necessário para as principais agências de assistência. A maioria das doações é financeira, que vai para apoiar as operações humanitárias, ou são serviços e bens fornecidos gratuitamente durante a realização de operações logísticas. As organizações não-governamentais variam de influenciadores e atores internacionais a pequenas e até micro organizações em escala de comunidade local que também podem trabalhar em nível internacional. Eles podem ser jogadores temporários respondendo a apenas uma crise (BALCIK *et al.*, 2010).

1.4 Operações de ajuda/socorro

As operações de ajuda visam preservar a vida e reduzir o sofrimento dos membros das comunidades em crises. Operações de ajuda compreendem o fornecimento de apoio material e técnica, bem como a prestação de serviços essenciais em resposta a situações de crise, quando a capacidade da comunidade para lidar com ele foi severamente impedida. As operações de ajuda são lançadas em resposta a crises naturais e provocadas pelo homem e executadas normalmente a curto e médio prazo. Logo que a situação política e de segurança o permita, estas operações são substituídas por programas de reabilitação e reconstrução, que por sua vez são seguidos por ajuda ao desenvolvimento (ILHAN, 2011).

Durante um desastre, várias decisões de logística devem ser tomadas. Estas devem ser estruturados de acordo com as necessidades da comunidade. Quando ocorre um desastre, a distribuição de suprimentos para as vítimas em um determinado momento é vital. Qualquer atraso na aquisição pode complicar as operações logísticas e aumentar o número de vítimas.

A operação efetiva do processo de aquisição requer recursos financeiros para manter as atividades de aquisição antes e durante o desastre. Prioridades devem ser dadas às regiões mais afetadas e coordenação entre as diferentes agências. É importante notar que cada crise é única e pode exigir uma resposta personalizada (ILHAN, 2011).

Suprimentos humanitários ou de emergência são aqueles bens, materiais e equipamentos usados pelas organizações para fornecer alívio/ajuda em um desastre, particularmente aqueles necessários para atender às necessidades essenciais da população afetada. Esses suprimentos cobrem um espectro enorme, desde alimentos, medicamentos e roupas até equipamentos de resgate, geradores elétricos, materiais de construção e ferramentas (PAHO, 2001).

As Operações de ajuda começam imediatamente após a ocorrência do desastre e continuam de 1 a 3 meses, dependendo do tamanho do desastre. As operações de ajuda mais simples começam com a aquisição e o envio de ajuda para a região necessitada. As atividades executadas durante este período são principalmente atividades vitais e devem ser gerenciadas por métodos apropriados em um curto espaço de tempo. Por esse motivo, as Operações de Ajuda Humanitária criam Cadeia de Suprimentos (ILHAN, 2011).

A Cadeia de Ajuda Humanitária é uma Cadeia de Suprimentos que pode criar fluxos de materiais, fluxos de valor financeiro e fluxos de informações com boa relação custo-benefício para o planejamento, implementação e controle das Operações de ajuda (ILHAN, 2011).

Em operações de ajuda, a cadeia de ajuda humanitária é obrigada a organizar e implementar os esforços de organizações que respondem a uma crise. Isto não é uma questão simples. Muitas vezes, grandes quantidades de pessoas, alimentos, abrigo, roupas, maquinário pesado e suprimentos médicos devem ser movidos para dentro e ao redor da área do desastre usando muitos modos diferentes de transporte (ILHAN, 2011).

Scott (2014) afirma que a maioria dos problemas de qualquer área de operação de ajuda pode ser caracterizada pelos seguintes elementos:

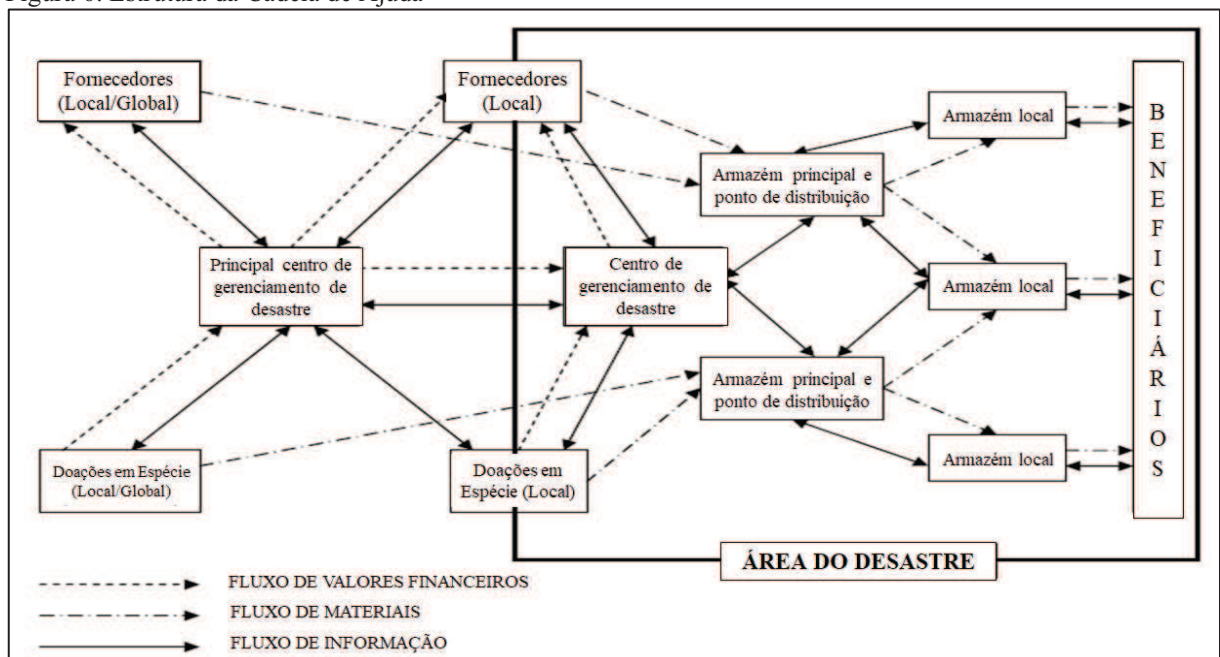
- a) Geralmente, o padrão de demanda é imprevisível em termos de tempo, localização, tipo e tamanho.
- b) O lead time é aproximadamente zero e afeta drasticamente a disponibilidade, aquisição e distribuição de estoque.

- c) O controle de estoque é desafiador devido às altas variações nos prazos de entrega, demandas e locais de demanda. Informações de fornecimento não são confiáveis, incompletas ou inexistentes.
- d) A configuração da rede de transporte e distribuição é desafiadora devido à natureza das incógnitas e ocorrências longe das principais faixas de tráfego em regiões menos desenvolvidas com infraestrutura inadequada.
- e) Locais são frequentemente desconhecidos até que a demanda ocorra.

No entanto as características operacionais de cadeias de ajuda dependem do tipo de desastre e os tipos de atores de socorro envolvidos (WASSENHOVE, 2006).

A Cadeia de Ajuda Humanitária liga todos os *stakeholders* (doadores, organizações humanitárias, militares, governos, beneficiários etc.) nos processos. Os fluxos típicos na Cadeia de Ajuda Humanitária dirigida por uma Operação de Ajuda Humanitária internacional/local estão ilustrados na Figura 6.

Figura 6: Estrutura da Cadeia de Ajuda



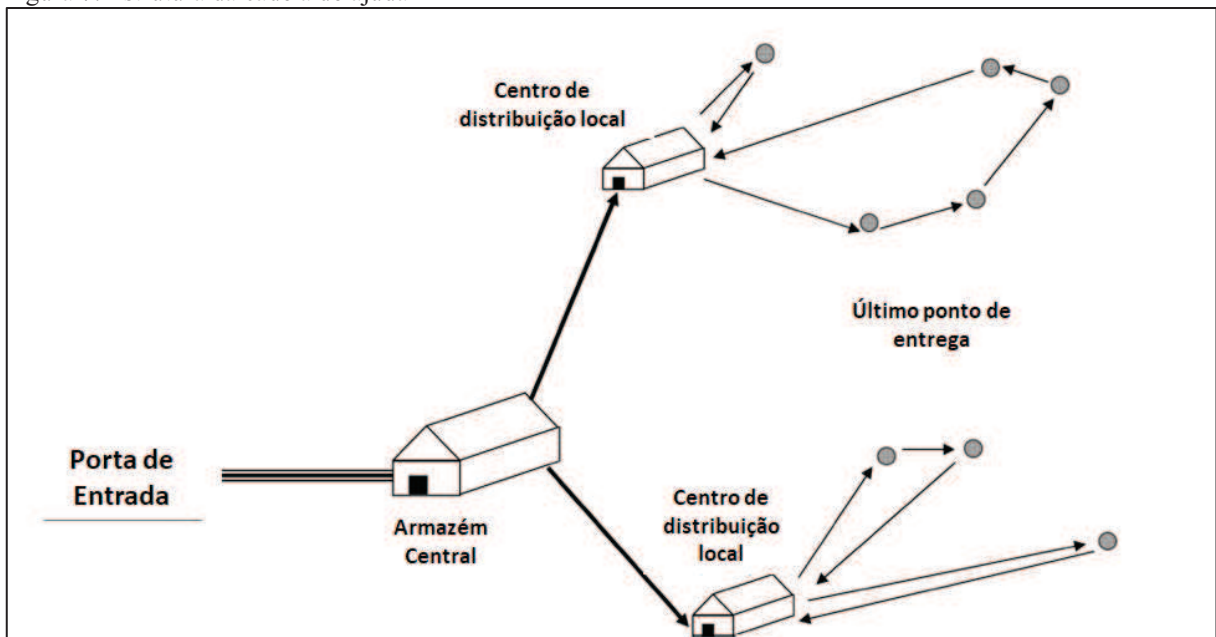
Fonte: Adaptado de (ILHAN, 2011)

Fluxos materiais de atividades de ajuda humanitária e entregas de bens e equipamentos a desastres seguem rotas dos fornecedores para os armazéns. Os fluxos de informação conectam os atores e os seguintes processos da Cadeia de Ajuda Humanitária: preparação; avaliação e recurso; seguir e rastrear; monitoramento, avaliação, relatórios e comunicações.

Os fluxos financeiros ocorrem durante os processos subsequentes: preparação, avaliação e recurso, aquisição, monitoramento, avaliação e relatórios (ILHAN, 2011).

O sistema de distribuição usado em operações de ajuda humanitária pode depender das características de cada situação. A distribuição de suprimentos de emergência para uma operação típica de ajuda envolvendo atores internacionais é mostrada na Figura 7.

Figura 7: Estrutura da cadeia de ajuda



Fonte: Adaptado de Balcik, Beamon e Smilowitz (2008)

Primeiro, suprimentos de ajuda de diferentes locais ao longo do mundo chegam a um *hub* principal (portos, aeroportos). Em seguida, os suprimentos são enviados para um *hub* secundário (grandes armazéns permanentes em cidades maiores), onde são armazenados, classificados e transferidos para *hubs* terciários (centros de distribuição locais e temporários). A distribuição de última milha é o estágio final da cadeia de ajuda; refere-se à entrega de suprimentos de emergência nas áreas afetadas (locais de demanda) (BALCIK, BEAMON e SMILOWITZ, 2008).

O último ponto de distribuição, (*last mile distribution*) determina a melhor alocação de recursos entre os potenciais beneficiários da ajuda em áreas afetadas por desastres que minimizam o custo das operações logísticas e maximizam os benefícios para os beneficiários da ajuda. Mais especificamente, a distribuição da última milha determina (1) os cronogramas de entrega, (2) as rotas dos veículos e (3) a quantidade de suprimentos de emergência

entregues nos locais de demanda durante as operações de ajuda (BALCIK, BEAMON e SMILOWITZ, 2008).

O conjunto necessário de itens de ajuda pode variar muito dependendo da situação, dependendo do fator e do impacto do desastre, da demografia e das condições sociais e econômicas da área. No entanto, os autores categorizaram os itens de ajuda de emergência em dois grupos principais - Tipo 1 e Tipo 2 - com base em suas características de demanda. Os itens do Tipo 1 são itens críticos para os quais a demanda ocorre uma única vez no início do horizonte de planejamento. Suprimentos de emergência como barracas, cobertores, lonas, galões e mosquiteiros são exemplos de itens do Tipo 1. Os itens do Tipo 2 são itens que são consumidos regularmente e cuja demanda ocorre periodicamente no horizonte de planejamento (por exemplo, alimentos, kits de higiene) (BALCIK, BEAMON e SMILOWITZ, 2008).

A aquisição pós-desastre é o método mais comum de fornecimento de ajuda humanitária; a maioria dos suprimentos de emergência é comprada de fornecedores globais e locais, depois que um desastre ocorre (BALCIK e AK, 2014).

Pode haver vários desafios associados ao atendimento rápido e eficiente das demandas por meio de aquisições pós-desastre. Como o tempo, a localização e o impacto dos desastres são altamente imprevisíveis e cada desastre pode criar requisitos especiais. Por exemplo, dependendo da localização e do momento do desastre, os suprimentos de ajuda podem não estar disponíveis em quantidades suficientes nos mercados locais para compra imediata e entrega rápida. Geralmente existe concorrência entre as organizações de assistência para a compra de certos tipos de suprimentos após um desastre, o que pode criar escassez no mercado. Além disso, o aumento repentino na demanda pode inflacionar significativamente os preços. A aquisição pós-desastre pode ser um processo muito demorado, principalmente devido aos procedimentos de licitação para aquisição (ERTEM, BUYURGAN e ROSSETTI, 2010).

Portanto, para agilizar o processo de aquisição e garantir a disponibilidade, a entrega rápida e a aquisição econômica de itens críticos de ajuda após um desastre, as organizações humanitárias estão estabelecendo cada vez mais relacionamentos com fornecedores e fazendo acordos contratuais na fase de preparação para desastres (BALCIK e AK, 2014).

Os problemas que surgem durante as operações de ajuda podem diferir dependendo de vários fatores, como o tipo, o impacto e a localização do desastre, e as condições locais nas regiões afetadas (BALCIK, BEAMON e SMILOWITZ, 2008).

Uma vez que ocorre um desastre, suprimentos de ajuda podem ser adquirido de três fontes principais: fornecedores locais, fornecedores internacionais e centros de distribuição (locais preposicionados).

Adquirir suprimentos localmente pode ser vantajoso devido aos baixos custos de transporte, entregas imediatas (sem liberação alfandegária, sem atrasos devido à por exemplo congestionamentos nos portos), além do apoio que proporciona à economia local. Embora atender às necessidades emergenciais de um país de recursos locais possa ser considerado o melhor cenário por muitas razões (incluindo essas), pode ser arriscado desenvolver uma estratégia de resposta que dependa unicamente de fontes locais.

O uso de fornecedores globais em aquisições pós-desastre aumenta a disponibilidade de grandes quantidades de suprimentos de alta qualidade. A desvantagem potencial está nos prazos de entrega mais longos e nos custos de transporte mais altos (BALCIK e BEAMON, 2008).

A maioria das decisões de aquisição pós-desastre na cadeia de ajuda são decisões de curto prazo, porém, não importa que tipo de fontes de aquisição pós-desastre seja usado, as organizações podem ainda não conseguir obter e fornecer suprimentos de emergência para as áreas afetadas dentro de um período de resposta. Portanto, as organizações de ajuda humanitária armazenam estoque pronto para expedição em locais que têm acesso a grandes regiões propensas a desastres, a fim de mitigar os riscos operacionais envolvidos no ambiente pós-desastre (BALCIK e BEAMON, 2008).

O transporte é um componente importante das operações de ajuda a desastres. O transporte pós-desastre, especialmente em “última milha” pode ser particularmente desafiador para agências de ajuda humanitária, devido a infraestrutura danificada, os recursos limitados de transporte e as enormes quantidades de suprimentos a serem transportados (BALCIK e BEAMON, 2008).

Muitos fatores podem dificultar ou facilitar os esforços de socorro. Por exemplo, durante uma emergência complexa, ou em contextos políticos particulares, as autoridades nacionais podem restringir operações e suprimentos humanitários. Um governo pode proibir as organizações humanitárias estrangeiras de entrarem no desastre ou na área de conflito, ou

mesmo no próprio país. Outro pode apresentar razões religiosas, políticas ou de saúde para impedir a chegada de um determinado produto ou material. Por outro lado, alguns governos podem adotar medidas excepcionais para facilitar os esforços das organizações humanitárias e a chegada de ajuda humanitária ao país ou à área onde as operações estão em andamento. Isso incluiria oferecer tratamento prioritário na alfândega, reduzindo ou eliminando tarifas e impostos, ou disponibilizando instalações governamentais para operações humanitárias (PAHO, 2001).

1.5 Coordenação da cadeia de ajuda humanitária

Balcik *et al.* (2010) descrevem coordenação como a interação entre diversos intervenientes no ambiente de ajuda. A coordenação pode referir-se a recursos e partilha de informação, centralização das decisões, realização de projetos conjuntos, divisão regional de tarefas, ou um sistema baseado em cluster onde cada um representa uma área de um setor diferente (por exemplo, alimentos, água e saneamento, e tecnologia da informação).

Os atores que intervêm nas operações de ajuda são diversos, com diferentes mandatos e métodos de trabalho. Embora todos compartilhem o desejo de ajudar, a falta de coordenação é comum em situações de desastres. Disputas entre organizações, ou a falta de vontade de compartilhar informações e trabalhar lado a lado, podem atrasar a prestação de cuidados às vítimas, levar à duplicação de esforços e desperdiçar recursos (PAHO, 2001).

Para evitar esta situação e maximizar os recursos e conhecimentos disponíveis, os esforços de ajuda devem ser lançados num espírito de coordenação. Isso será possível na medida em que as organizações participantes se conhecerem, compartilharem informações, identificarem e reconhecerem seus respectivos pontos fortes e explorarem maneiras de colaborar e apoiar umas às outras (PAHO, 2001).

As emergências menores geralmente são tratadas por agências nacionais ou locais especializadas, talvez com a colaboração de organizações internacionais presentes no país. No entanto, quando um evento é catastrófico, outros setores da nação e a comunidade internacional devem, muitas vezes, mobilizar-se para proporcionar ajuda. O aumento na

chegada de suprimentos de emergência e pessoal de resposta coloca um fardo extra nos esforços para coordenar os socorros no terreno (PAHO, 2001).

Para a *Pan American Health Organization* - PAHO (2001) é crucial estabelecer relações de trabalho eficazes com as seguintes partes interessadas:

- a) A população local: os moradores da área afetada são os primeiros a se engajar em operações de busca e resgate, e muitas vezes entre os primeiros a compartilhar suprimentos vitais, como comida e água, com as vítimas do desastre.
- b) Comunidades ou regiões vizinhas: também é comum que comunidades vizinhas ou mesmo países respondam rapidamente com doações e envio de voluntários.
- c) Os governos nacionais e locais: um evento adverso significativo geralmente provoca a intervenção, não apenas da agência nacional de resposta a desastres, mas também de outros órgãos governamentais.
- d) Governos estrangeiros: os governos de outras nações intervêm por meio de suas embaixadas e de suas agências de cooperação bilateral. Essa assistência, que ocorre entre os governos, pode incluir doações financeiras e em espécie, o financiamento de projetos de reabilitação e reconstrução ou o envio de consultores e especialistas.
- e) Agências multilaterais: Estas são principalmente agências intergovernamentais, como as das Nações Unidas, cujo mandato inclui redução de desastres ou assistência humanitária. Geralmente, seu apoio se concentra na assistência técnica relacionada à sua própria área de especialização, enviando consultores e especialistas ou apoiando a alocação de recursos para ajudar o país afetado nos esforços de reabilitação e reconstrução.

A maioria dos países tem um ponto focal nacional - uma Comissão Nacional de Emergência, Defesa Civil ou Proteção Civil - responsável pela resposta a desastres. Geralmente é uma estrutura permanente, com orçamento e estrutura organizacional próprios. Às vezes, porém, os governos estabelecem estruturas temporárias para responder a um desastre particular que, em algum momento, transferirá a responsabilidade por suas atividades para agências governamentais permanentes. Independentemente do acordo envolvido, faz sentido, a fim de desencorajar a duplicação de esforços, tentar canalizar toda a assistência de emergência através de tais estruturas (PAHO, 2001).

Para a *Pan American Health Organization* (2001) as tarefas de coordenação dos esforços de socorro devem ser vistas de uma perspectiva intersetorial, interinstitucional e

interdisciplinar. Eles também devem, obviamente, começar muito antes de uma emergência ocorrer e ser reforçados durante um evento catastrófico. Algumas das principais atividades durante estas duas fases cruciais do processo de coordenação são as seguintes:

Durante a fase de preparação

- a) Determinar quem deve fazer o que, no contexto da intervenção humanitária: quais organizações nacionais, internacionais, governamentais, sem fins lucrativos estão presentes no país e quais são suas especialidades e campos de ação;
- b) Realizar reuniões frequentes e atividades de coordenação para decidir e até mesmo ensaiar o que deve ser feito antes, durante e depois de uma emergência;
- c) Desenvolver planos conjuntos e buscar acordos de colaboração com as várias organizações para as etapas antes, durante e após uma emergência;
- d) Realizar inventários (nacionais, regionais ou institucionais, conforme o caso) de recursos e contatos que seriam úteis em caso de emergência e manter os inventários atualizados.

Durante a fase de resposta

- a) Realizar avaliações conjuntas da situação no campo. Isso pode ser extremamente útil, pois permite uma visão interdisciplinar da emergência e facilita a identificação de áreas de colaboração interinstitucional;
- b) Manter contato próximo e permanente entre as diversas organizações envolvidas;
- c) Compartilhar entre as organizações os resultados de quaisquer avaliações e descobertas com vistas a encontrar campos de ação nos quais os pontos fortes das várias organizações possam se complementar;
- d) Compartilhar informações sobre as atividades realizadas e planejadas por cada organização, para evitar a duplicação de esforços;
- e) Promover o intercâmbio de recursos entre as organizações, bem como o desenvolvimento e implementação de acordos de cooperação;
- f) Em emergências que exigem uma resposta complexa, estabelecer grupos de trabalho especializados com representantes de todas as organizações relevantes. Exemplos incluem um grupo de água e saneamento ou um grupo de assistência médica.

O principal objetivo das organizações de resposta a desastres é fornecer ajuda aos necessitados. Dependendo de sua natureza e história, cada organização tende a se especializar,

em maior ou menor grau, em uma determinada área de trabalho. Também é evidente que nenhuma agência, por si só, pode lidar com todos os problemas logísticos que atendem a um desastre (THOMAS, 2004).

A maneira como os doadores internacionais transferem recursos para a assistência humanitária levou ao surgimento de muitas novas organizações humanitárias e à entrada de instituições existentes nesse campo, resultando em intensa competição entre essas organizações por recursos externos (SCOTT, 2014).

Apesar desta competição, é essencial desenvolver acordos mútuos de apoio e cooperação, para que a assistência humanitária possa ser prontamente atendida e os esforços de socorro possam se complementar mutuamente (PAHO, 2001).

1.6 Logística Humanitária

A logística humanitária é definida como o processo de planejamento, implementação e controle de fluxo, armazenamento eficiente e econômico de bens e materiais, assim como informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de aliviar o sofrimento de pessoas vulneráveis. (THOMAS, 2004).

A logística está no centro de todas as operações de emergência. Ela abrange o movimento de bens e equipamentos, a realocação de pessoas afetadas por desastres, a transferência de vítimas e o movimento de socorros e trabalhadores humanitários e voluntários (UNISDR, 2018).

A logística é importante para o desempenho (eficácia e velocidade) das operações pois: serve como uma ponte entre preparação, resposta, aquisição e distribuição. Fornece uma rica fonte de dados, pois é esse departamento que lida com o rastreamento de mercadorias, que pode ser usado para analisar a eficácia pós-evento. Trata-se da parte mais cara de qualquer operação de ajuda e a parte que pode significar a diferença entre a falha ou o sucesso de uma operação (WASSENHOVE, 2006).

As atividades logísticas devem ser planejadas, pois preparações adequadas são essenciais para um bom funcionamento. O planejamento é necessário e prático, já que

geralmente é possível prever os tipos de desastres que podem afetar uma determinada localidade e as necessidades que tais desastres provavelmente gerarão (PAHO, 2001).

O planejamento e antecipação são vitais para um sistema logístico eficaz. O plano deve basear-se, em primeiro lugar, num bom conhecimento prático das características geográficas, sociais, políticas e físicas da área onde as operações devem ocorrer. Esse plano deve não apenas ser bem pensado com antecedência, para que possa ser executado sem problemas - deve, acima de tudo, ser claramente entendido e aceito por todas as partes interessadas em qualquer futura operação de ajuda (PAHO, 2001).

A preparação deve se basear nas avaliações de vulnerabilidade e recursos necessários para desenvolver um plano nacional ou regional de resposta a emergências, onde a logística deve ser um componente-chave de qualquer plano desse tipo. As atividades preparatórias devem incluir o seguinte:

- a) Avaliação da vulnerabilidade da infraestrutura principal - O objetivo é identificar os pontos fortes e fracos das obras públicas e estruturas estratégicas do país ou região - rodovias, sistemas de abastecimento de água, escolas, hospitais - bem como ações alternativas que possam ser necessárias;
- b) Mapear e avaliar sistematicamente a infraestrutura nacional de transporte (portos, aeroportos, rodovias, ferrovias e hidrovias), levando em consideração a capacidade e as fraquezas potenciais de rotas estratégicas, possíveis gargalos (pontes, balsas), disponibilidade de recursos de comunicação e riscos à infraestrutura em caso de emergência.

Determinar a disponibilidade de recursos estratégicos para suporte logístico - Esses recursos estão em constante mudança, portanto, eles devem ser revisados com frequência para manter as informações atualizadas o máximo possível. A revisão também deve envolver o setor privado, o setor público e organizações não-governamentais nacionais e internacionais.

- a) Fazer um balanço no nível nacional do local e das fontes de suprimentos importantes - incluindo drogas e suprimentos médicos, alimentos, roupas, combustível e equipamentos de resgate. Esse inventário também deve determinar quanto tempo levaria para que suprimentos essenciais fossem entregues aos destinos necessários;

- b) Analisando a capacidade do sistema de transporte para mover pessoas e suprimentos - avaliando em detalhes o transporte do país - capacidade, como o tamanho das frotas, seu tipo e capacidade, localização, custos e disponibilidade;
- c) Avaliação de locais potenciais para bases logísticas, fornecimento de centros de distribuição e pontos de distribuição de combustível - incluindo instalações públicas e privadas, grandes complexos de armazenamento, fábricas e outras instalações que possam ser adaptadas a esses propósitos;
- d) Avaliando a disponibilidade de peças sobressalentes e serviços de reparo - incluindo oficinas de conserto privadas e públicas;
- e) Determinar a capacidade dos portos e aeroportos para lidar com suprimentos de emergência sob diferentes cenários.

Revisão de políticas, planos e preparativos do governo - É muito importante que agências internacionais e organizações não-governamentais conheçam as políticas e planos de resposta a emergências do governo. Como as agências governamentais de resposta a desastres são as encarregadas de coordenar os esforços de ajuda, é crucial que as organizações que participam desses esforços estabeleçam laços sólidos com as agências locais ou nacionais. Os contatos também podem ser usados para negociar acordos de cooperação mútua em situações de emergência, como fornecer isenção de impostos para suprimentos humanitários, tratamento prioritário na alfândega e assim por diante (PAHO, 2001).

A logística humanitária representa diversas atividades que acontecem dentro de organizações humanitárias, a maior parte dessas atividades também são componentes de uma cadeia de suprimentos humanitária, ou seja, a rede envolvida no fornecimento de auxílio físico aos beneficiários. As atividades de logística humanitária ocorrem em todo o ciclo de gerenciamento de desastres (HOWDEN, 2009).

As organizações humanitárias fornecem ajuda física ao beneficiário durante todo o ciclo de gestão de desastres. Portanto, é importante considerar a logística humanitária em cada uma das fases do ciclo de gerenciamento de desastres (HOWDEN, 2009).

Thomas e Kopczak (2005) apontam alguns desafios comuns na área de logística humanitária:

- a) Falta de reconhecimento da importância da logística dentro das agências de ajuda;
- b) Falta de profissionais especializados e treinamento para aqueles que já atuam nessa área;

- c) Uso inadequado da tecnologia;
- d) Alto índice de rotatividade de pessoal;
- e) Falta de integração e colaboração entre os profissionais de diferentes agências.

Para Thomas e Kopczak (2005) a logística humanitária tem a oportunidade de aumentar sua contribuição para o ajuda de desastres e ser reconhecida por essa contribuição por meio da implementação de iniciativas nas áreas de gestão do conhecimento, tecnologia, comunidade e posicionamento. Embora a transferência de itens de assistência para locais de desastre continue a ser um papel importante para a logística, o foco estratégico deve ser o fornecimento de informações oportunas. A análise dessas informações para obter informações sobre como melhorar as operações e aprender internamente com os outros. O estabelecimento de uma comunidade que compartilhe e invista em conjunto no desenvolvimento do campo pode alavancar os esforços de cada um dos logísticos.

As dificuldades enfrentadas pela Logística Humanitária são complexas, não apenas pelas condições operacionais, mas também por fatores dentro dos ambientes físicos ou geográficos. Como destacado por Richardson (1994), a complexidade pode incluir um ou mais dos seguintes fatores:

- a) A Diversidade de fatores pode dificultar a compreensão de quais deles predominam, prejudicando a visualização precisa do problema. Tal foi o caso da crise alimentar na África em 2002, onde a combinação da fome, do HIV, das condições econômicas e o acesso limitado a populações em risco, tornou a crise mais complexa;
- b) A interatividade entre os fatores pode acelerar ou aumentar o desastre. Por exemplo, após longos períodos de chuva, é mais provável que o terreno saturado de água gere deslizamentos de terra, especialmente durante um terremoto.
- c) Invisibilidade vem da incapacidade de antecipar fatores, tipicamente porque eles são desconhecidos. O exemplo é quando os trabalhadores de ajuda externa subestimam a importância dos costumes e hábitos locais na área de ajuda.
- d) Mudanças incrementais acontecem quando o impacto da crise é tão forte no início que todo o resto é desconsiderado. O problema é que, enquanto ignorados, os outros fatores tornam-se invisíveis, crescem e interagem, levando a novas consequências.

- e) Novos fenômenos sempre apresentam um grande desafio, pois os efeitos e impactos são provavelmente desconhecidos, com tempo insuficiente para uma análise apropriada da situação.

Decisões de logística podem ser divididas em três níveis de tomada de decisão: estratégica, tática, e operacional. Decisões tomadas no nível estratégico, como pesquisa e desenvolvimento de capacidades logísticas, fornecimento de suprimentos, determinação de políticas de distribuição e construção de infraestrutura física, têm impactos duradouros (APTE, 2009).

Para Apte (2009) duas importantes questões estratégicas para a logística humanitária são a construção e manutenção de infraestrutura e o posicionamento de ativos e suprimentos críticos. Estas questões englobam também as capacidades tecnológicas, o apoio ao inventário de armazéns cheios de insumos consumíveis e não consumíveis, construção ou manutenção de estradas, pontes e pistas de pouso. No nível estratégico, a logística humanitária pode ser bem administrada se houver experiência suficiente com desastres anteriores e se houver fundos suficientes disponíveis. No nível operacional, esta etapa da logística humanitária implica potencialmente, por exemplo, evacuações da população afetada ou a distribuição da última milha de suprimentos e serviços críticos, executados com especificidade e customização. Um detalhe operacional importante é a aplicação dessa customização para fornecer estoque. O objetivo da decisão operacional é obter ajuda para a população afetada, rapidamente.

As decisões táticas na logística humanitária preenchem a lacuna funcional entre os níveis estratégico e operacional. Nesse nível, são tomadas decisões sobre a coleta de recursos (gerenciamento de inventário) e, em seguida, o transporte e a implantação conforme necessário. O principal objetivo no nível tático é o gerenciamento em tempo real da cadeia de suprimentos, com estoque, roteamento, distribuição e agendamento ideais da entrega dos suprimentos, lembrando que os suprimentos devem ser entregues o mais rápido possível (APTE, 2009).

Ferramentas analíticas podem ser extremamente úteis para otimizar esta cadeia de suprimento de resposta em todos os níveis. Por exemplo, modelos em nível estratégico para alocação de recursos e localização de instalações; no nível tático para gerenciamento de

estoque, distribuição e programação; e a nível operacional para evacuação, redução do lead time e distribuição da última milha (APTE, 2009).

1.7 Cadeia de Suprimentos Humanitária

A cadeia de suprimentos humanitária refere-se à rede criada por meio do fluxo de suprimentos, serviços, finanças e informações entre doadores, beneficiários, fornecedores e diferentes unidades atores humanitárias com o objetivo de fornecer assistência física aos beneficiários (MENTZER *et al.*, 2001).

Uma cadeia de suprimentos em sua forma mais básica engloba três elementos: suprimento, demanda e fluxo. Em geral, uma cadeia de suprimentos comercial fornece um produto padronizado e pré estabelecido aos clientes para atender a uma demanda relativamente constante e prevista por meio de recursos estruturados e fluxo contínuo. Em contraste, uma cadeia de suprimentos humanitária fornece uma ampla gama de produtos e serviços (ERGUN *et al.*, 2009).

A cadeia de suprimentos de ajuda humanitária deve ser ágil, ou seja, ser capaz de responder abruptamente à mudança de oferta e demanda, e deve ser adaptável às mudanças de mercado e estratégia. Por exemplo, quando ocorre um desastre, as informações podem não estar imediatamente disponíveis para definir requisitos precisos para a população afetada - e informações subsequentes podem tornar a estratégia de posicionamento inicial inadequada ou obsoleta (OLORUNTOBA e GRAY, 2006).

Poiste (2003) explica que indicadores de desempenho são essenciais na cadeia de suprimentos humanitária, pois sistemas eficazes de medição de desempenho podem ajudar as organizações não governamentais a tomarem melhores decisões, melhorar o desempenho e a prestação de contas. Além disso, podem ajudar a alocar recursos de maneira mais eficaz, avaliar a eficácia de abordagens alternativas e obter maior controle sobre as operações, permitindo maior flexibilidade no nível operacional.

Métricas de desempenho e sistemas de medição não foram desenvolvidos e implementados sistematicamente no setor de assistência. No entanto, as ONGs estão se tornando cada vez mais conscientes da importância e urgência da medição do desempenho,

particularmente devido à crescente competição no setor por recursos escassos e demandas cada vez maiores dos doadores e do público para melhorar a visibilidade e a prestação de contas. No entanto, as características inerentes e únicas do ambiente de ajuda a desastres trazem desafios significativos para selecionar métricas de desempenho apropriadas e desenvolver sistemas de medição. Particularmente devido às dificuldades associadas com a medição dos resultados do programa e impactos na ajuda humanitária. As ONGs tendem a medir o desempenho com foco em insumos e não em produtos. Isso é comum no setor sem fins lucrativos (KAPLAN, 2001).

Como observado por Henderson *et al.* (2002) as organizações sem fins lucrativos estão acostumadas a relatar métricas de entrada, como recursos financeiros (por exemplo, doações, despesas e despesas operacionais) e não financeiros (por exemplo, horas gastas) dedicadas a programas específicos. Da mesma forma, os programas de ajuda de alto desempenho também são comumente associados a insumos, mais especificamente doações, que levam a mais ajuda aos beneficiários.

No entanto, como enfatizado por Kanter e Summers (1987), embora o sucesso das organizações sem fins lucrativos dependa, em parte, da atração de recursos, os critérios de desempenho para alocação de recursos podem não estar relacionados aos critérios de atração de recursos. Aumentar as receitas ou doações não aumenta necessariamente a qualidade dos serviços nem a capacidade de entrega da organização.

Considerações financeiras podem desempenhar um papel capacitador ou restritivo, mas raramente serão o objetivo principal, e o sucesso das organizações sem fins lucrativos deve ser medido pela forma eficaz e eficiente de atender às necessidades de seus grupos constituintes (KAPLAN, 2001).

Devido ao papel central da logística nas operações de ajuda, a eficácia e a eficiência da cadeia de ajuda/socorro/alívio humanitária são indicadores importantes do desempenho de socorro. Davidson (2006) desenvolveu uma estrutura de medição de desempenho para a logística de socorro para a *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* - IFRC e descreve uma aplicação da estrutura às operações reais de socorro. A estrutura proposta baseia-se em quatro métricas de desempenho, ou seja, cobertura de apelo/solicitação, tempo de doação ao prazo de entrega, eficiência financeira e precisão da avaliação.

1. **Cobertura de Recursos:** este indicador é composto por duas métricas específicas:
 - (a) porcentagem de cobertura de apelação e
 - (b) porcentagem de itens entregues.

A primeira métrica é a quantidade de itens que foram doados pelo número total de itens solicitados para a operação. Sua finalidade é indicar quão bem e com que rapidez a organização está encontrando compromissos para os itens solicitados. A segunda métrica é a porcentagem de itens que foram realmente entregues no site fora do número total de itens solicitados para a operação. Juntas, essas duas métricas indicam quão bem a organização está atendendo seu apelo para uma operação em termos de encontrar doadores e entregar itens.

2. **Tempo de Doação ao prazo de entrega:** este indicador é uma medida de quanto tempo leva para um item ser entregue ao país de destino depois que um doador se comprometeu a doá-lo.
3. **Eficiência Financeira:** três métricas compõem o indicador de eficiência financeira. As duas primeiras métricas usam dois métodos (um relativo e um absoluto) para comparar os preços orçados com os preços reais pagos pelos itens entregues na operação. A terceira métrica de eficiência financeira incorpora o custo de transporte da entrega das mercadorias aos beneficiários. Essa métrica é expressa como uma proporção dos custos totais de transporte incorridos sobre os custos totais para itens entregues em um determinado momento. O valor desta relação deve diminuir ao longo do tempo, uma vez que são utilizados métodos de transporte menos dispendiosos após a fase de entrega inicial e à medida que mais itens são entregues no local.
4. **Precisão de Avaliação:** a rapidez com que as doações são prometidas e os bens são entregues aos beneficiários depende da precisão com que o pessoal de campo avaliou as necessidades da população afetada após um desastre. A precisão da avaliação indica, portanto, quanto o orçamento final da operação foi alterado ao longo do tempo a partir do orçamento original.

Medidas típicas de desempenho de uma cadeia de suprimentos comercial, como **recursos, produção e flexibilidade** também podem ser utilizados para medir o desempenho em uma cadeia de suprimentos humanitária. (BEAMON e BALCIK, 2008).

1. **Métricas de desempenho de recursos:** indicam o nível de eficiência na cadeia de ajuda e são importantes para o sistema de ajuda, pois permitem que as organizações humanitárias calculem com mais precisão os requisitos de financiamento para várias missões ou atividades e para demonstrar o desempenho da eficiência a doadores em potencial (“é possível fazer mais com menos”);

O custo é a métrica de recursos predominante nas cadeias de suprimentos comerciais. Esses custos podem incluir o custo total dos recursos utilizados, custos indiretos, o custo total de distribuição (incluindo custo de transporte e manuseio) e custos de estoque (o valor de investimento do estoque mantido ou custos associados a estoques obsoletos, incluindo deterioração). Para a cadeia de ajuda humanitária, há três custos dominantes: (1) o custo de suprimentos, (2) custos de distribuição e (3) custos de manutenção de estoque:

- 1) **Custo de suprimentos:** Padrões de demanda imprevisíveis aumentam a complexidade dos relacionamentos entre organização e fornecedores, tornando-os mais difíceis de promover do que no ambiente de demanda relativamente estável da cadeia comercial. Também relacionado à incerteza da demanda, as opções de aquisição de suprimentos geralmente não podem ser avaliadas antes que ocorra um desastre. Portanto, pode ser difícil ou impossível controlar o custo dos suprimentos. No entanto, esse padrão está mudando lentamente na comunidade de assistência, à medida que mais e mais organizações de ajuda humanitária estão entrando em contratos de longo prazo com fornecedores. Esses contratos permitem que as organizações de socorro controlem os custos de fornecimento de emergência e são projetados para garantir que o fornecedor tenha certas quantidades de certos itens disponíveis quando necessário pela organização de socorro. Ao medir o custo dos suprimentos, pode-se analisar os efeitos de custos desses tipos de contratos e estratégias de distribuição (por exemplo, preposicionamento (manter estoque) versus aquisição pós-desastre (remessa direta de fornecedores)).
- 2) **Custos de distribuição:** As organizações de assistência geralmente precisam transportar grandes quantidades de materiais em um período muito curto. No entanto, a natureza da demanda nas cadeias de ajuda humanitária dificulta o relacionamento com empresas de transporte. Locais de desastres variados levam a modos de transporte variados (caminhão, trem, avião etc.). A complexidade pode ser aumentada por tarifas locais e impostos para mercadorias recebidas. Além disso, como os desastres ocorrem em locais diferentes, muitas vezes remotos, pode ser necessário usar empresas de distribuição locais para a entrega de mercadorias da “última milha”. Ao medir os diferentes componentes do custo de distribuição, as organizações de assistência podem identificar áreas potenciais específicas para reduções de custos.

- 3) Custos de manutenção de estoques: Ao contrário dos custos de fornecimento e distribuição, nem todas as cadeias de assistência humanitária terão custos substanciais de estoque. Isso ocorre porque apenas algumas organizações de ajuda humanitária mantêm e operam seus próprios depósitos de suprimentos. Existem muitos tipos de custos de estoque, incluindo: investimento em estoque, obsolescência de estoque (e deterioração), custos de pedido / configuração e custos de manutenção (transporte). O controle de estoque para os depósitos de suprimentos na cadeia de ajuda é desafiador devido às altas variações nos prazos de entrega, demandas e locais de demanda. Os tipos específicos de custos de estoque a serem medidos dependem do tipo de itens que estão sendo mantidos. Por exemplo, se a cadeia de ajuda armazena muitos itens perecíveis, os custos associados à deterioração devem ser medidos.

Embora o custo seja a métrica de recursos predominante nas cadeias de suprimentos comerciais, outras métricas podem ser relevantes, como requisitos de pessoal e equipamentos (ou outros recursos). As possíveis métricas da cadeia de ajuda incluem o número de trabalhadores humanitários empregados por receptor de ajuda, o número de horas “valor agregado” (o número de horas diretas gastas na distribuição de ajuda por número total de horas de trabalho) e o total de dólares gastos por receptor da ajuda.

2. **Métricas de desempenho de produção:** são um componente importante de qualquer sistema de medição da cadeia de ajuda humanitário, uma vez que:
 - a. Medem diretamente as características da oferta (neste caso, o montante da ajuda fornecida), que é o principal objetivo de qualquer cadeia de abastecimento; e
 - b. Podem ser usados para demonstrar a eficácia da oferta a doadores em potencial.

As métricas de desempenho de saída para a cadeia de ajuda humanitário podem ser categorizadas como aquelas associadas ao tempo de resposta e ao número de itens fornecidos / disponibilidade de fornecimento. O tempo de resposta em uma cadeia de suprimentos comercial, é uma dimensão importante do desempenho de saída. Principais métricas de desempenho de saída com base em tempo na cadeia de suprimentos comercial são entregas pontuais (atraso médio de pedidos, prioridade média de pedidos e entrega pontual de porcentagem) e tempo de resposta do cliente (tempo entre um pedido e sua entrega correspondente). Nas cadeias de ajuda humanitária, o tempo também é crítico.

Especificamente, o tempo de resposta talvez seja a medida mais crítica de desempenho. Muitos fatores podem contribuir para aliviar o tempo de resposta da cadeia, incluindo avaliação da organização de socorro, estratégias de aquisição e entrega, localização do fornecedor, escolha de transporte, topologia, segurança, infraestrutura e política.

Uma das métricas básicas de desempenho de produção em cadeias de suprimentos comerciais é o número de itens produzidos. Existem muitas variantes dessa métrica básica, como o número de unidades produzidas por período, de cada tipo de produto, vendido em cada região do país / mundo etc. Na cadeia de ajuda humanitária, as métricas de desempenho análogas são o número (ou quantidade) de suprimentos de desastres entregues aos beneficiários, de cada tipo, em cada região etc. a preocupação distinta relacionada à distribuição de suprimentos de emergência é a equidade. Ou seja, além da quantidade total de fornecimento entregue aos destinatários, a distribuição equitativa e justa da oferta é um indicador de eficácia para a cadeia de ajuda. Portanto, a quantidade de suprimentos (de cada tipo) entregue por destinatário (ou por grupo de destinatários, como crianças) no horizonte de ajuda também pode ser usada como uma métrica de desempenho de saída na cadeia de atendimento. Para um distribuidor comercial, as métricas de desempenho de saída também incluem taxa de preenchimento (por exemplo, atingimento da taxa de preenchimento desejado e taxa média de preenchimento do item) e métricas de disponibilidade do item (por exemplo, probabilidade de esgotamento, número de pedidos em atraso, número de falta de estoque). Cada um desses tipos de métricas pode ser usado para armazéns permanentes na cadeia de ajuda

3. **Métricas de desempenho de flexibilidade:** identifica dois tipos de flexibilidade: flexibilidade de intervalo e flexibilidade de resposta. A flexibilidade de intervalo descreve até que ponto a operação pode ser alterada. A flexibilidade de resposta descreve a facilidade (em termos de custo, tempo ou ambos) com a qual a operação pode mudar ou ser alterada.

Em uma cadeia de suprimentos comercial, a flexibilidade pode medir a capacidade de um sistema de acomodar flutuações de volume e programação de fornecedores, fabricantes e clientes. Já em uma cadeia de suprimentos humanitária a flexibilidade está relacionada a capacidade de responder a diferentes magnitudes de desastres. O tempo para responder a desastres. Capacidade de fornecer diferentes tipos de itens ao longo de um esforço de ajuda.

Os fatores críticos de sucesso são o número limitado de áreas em que os resultados garantem um desempenho competitivo bem-sucedido (ALAZMI e ZAIRI, 2003).

No âmbito das cadeias de suprimentos de ajuda humanitária, ainda há um número limitado de pesquisadores que expõem o papel dos fatores críticos de sucesso na cadeia de suprimentos de ajuda humanitária. Em 2007, Kovacs e Spens (2007) propõem os elementos importantes em cada fase de socorro ao sucesso das cadeias de suprimentos humanitários. São colaboração e coordenação na fase de preparação; fornecimento, atendimento e gerenciamento de demanda na fase de resposta; e coordenação e colaboração na fase de reconstrução. Posteriormente, Pettit e Beresford (2009) estudam fatores críticos de sucesso em um contexto comercial e estabelecem 10 fatores críticos de sucesso para o gerenciamento da cadeia de suprimentos da ajuda humanitária, conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2: Fatores críticos de sucesso em uma cadeia de ajuda humanitária

FATORES DE SUCESSO	DESCRIÇÃO	ASPECTOS CHAVES
Planejamento Estratégico	Tomada de decisão em longo prazo, planejamento, liderança e gerenciamento	Natureza/tamanho do negócio, localização, relacionamento, foco no cliente, padronização, monitoramento de desempenho, gerenciamento e suporte, processos e atividades.
Gerenciamento de Recursos	Gerenciamento de estoques	Planejamento e coordenação de fluxo de materiais, volumes, tempo e consolidação.
Planejamento de transportes	Habilidade de restrições de transporte	Tipo de transporte, capacidade, planejamento, manutenção e intermodalidade.
Planejamento de inventário	Capacidade de estoque, processamento e transporte	Demanda de longo e curto prazo, número de centros de distribuição, número de veículos e capacidade de equipamentos.
Gerenciamento de informação	Gerenciamento de informação estratégica e planejamento de recursos	Tipo de sistema, nível de integração, dados de desempenho e utilização
Utilização de tecnologia	Implementação de novas tecnologias	Inovação e adaptação, seguimento de novas tecnologias, treinamento.
Gerenciamento de recursos humanos	Gerenciamento participativo	Número de empregados versus capacidade, treinamento, nível acadêmico, programas motivacionais, cultura, gerenciamento do fator humano.
Melhoramento contínuo	Benchmarking, indicadores de desempenho	Flexibilidade, tempo de espera, valor agregado, medição, confiabilidade.
Relacionamento com fornecedores	Colaboração	Gerenciamento de competição entre provedores, negociação de preços e serviços.
Estratégia da cadeia de suprimentos	Ágil, Just in time, enxuta	Gestão de base, distribuição, entradas e saídas, estratégias internas e parcerias externas.

Fonte: Adaptado de Pettit e Beresford (2009)

Embora a logística humanitária apresente semelhança com a logística no setor privado, nas circunstâncias de um desastre a representação é diferente especialmente pelas condições operacionais.

A primeira e fundamental diferença está na motivação para melhorar o processo logístico, ou seja, no caso da logística humanitária, é necessário ir além da rentabilidade. Ao estruturar e analisar a logística comercial, três principais processos estão incluídos; gerenciamento de demanda, gerenciamento de suprimentos e gerenciamento de atendimento (ERNST, 2003).

A logística humanitária, assim como a logística empresarial, engloba uma série de atividades, incluindo preparação, planejamento, aquisição, transporte, armazenamento, rastreamento e desembaraço aduaneiro (THOMAS e KOPCZAK, 2005). Pode-se, portanto, conferir que os princípios básicos da gestão dos fluxos de bens, informações e finanças também permanecem válidos para a logística humanitária.

Assim como a gestão da cadeia de suprimentos tornou-se importante para o setor privado, ela também tem se tornando cada vez mais importante para a logística humanitária, sendo reconhecida como parte integrante de qualquer operação de socorro (WASSENHOVE, 2006).

Ao contrário do setor privado, onde o resultado final motiva a necessidade constante de medir o desempenho e investir na melhoria, o setor humanitário opera sem as forças de mercado da demanda e da oferta reguladas pelo preço. No setor privado, o desempenho é recompensado pelo mercado (por exemplo, mercado de ações, maiores receitas e lucros) e esquemas de incentivo interno, como bônus, opções de ações e assim por diante que alimentam uma cultura de melhoria contínua. Isto está em contraste com o setor humanitário, onde, ainda não se usa as lições aprendidas com os desastres passados para melhorar o desempenho da próxima vez (WASSENHOVE, 2006).

O papel da mídia na logística humanitária também é algo com o qual os especialistas em logística do setor privado raramente têm que lidar. Pode ser mais bem descrita como uma relação de amor e ódio nascida de uma necessidade de destacar a situação das pessoas afetadas pelo desastre. Apesar do crescente papel da mídia, as organizações humanitárias e os jornalistas não parecem ter compreendido muito bem sua interdependência mútua. Seguindo os apelos na mídia, as organizações humanitárias são frequentemente inundadas com doações não solicitadas que podem causar gargalos na cadeia de suprimentos, pois os recursos necessários, incluindo pessoal e transporte, são sacrificados para separar e transportar os suprimentos (WASSENHOVE, 2006).

O sistema de ajuda humanitária envolve muitos atores e partes interessadas (beneficiários, governos anfitriões, organizações de ajuda locais e internacionais, doadores etc.) e opera em ambientes altamente imprevisíveis, dinâmicas e caóticas. Portanto, as atividades das organizações de ajuda variam muito e são movidos por inúmeros fatores dependendo das características de cada situação. As incertezas e variabilidade no ambiente do desastre faz com que a maioria das decisões logísticas sejam feitas após a ocorrência de

desastres. Assim, ao contrário de cadeias de suprimento comerciais, em que as operações de logística são relativamente estabelecidas e podem ser regularmente planejadas com antecedência da demanda, a maioria das decisões logísticas na cadeia de ajuda são feitas dentro de prazos mais curtos (BALCIK e BEAMON, 2008).

Nas cadeias de suprimentos comerciais, o modelo de negócios que incentiva diferentes atores a entregar um produto ou serviço a um determinado custo, qualidade e tempo, para obter lucro. Nas operações humanitárias, o lucro é substituído pelo objetivo de fornecer ajuda aos beneficiários de maneira oportuna e adequada (TOMASINI e WASSENHOVE, 2009).

Nas cadeias de suprimentos comerciais, o destinatário final decide quais suprimentos eles precisam, e o cumprimento pode ser facilmente avaliado pelo monitoramento do recebimento desses suprimentos. Nas operações humanitárias, uma vez que os suprimentos são determinados por avaliações externas das necessidades do beneficiário, a avaliação do cumprimento se torna mais difícil, pois é necessário fazer uma análise adicional para determinar se essas necessidades foram atendidas (HOWDEN, 2009).

O equilíbrio entre custo e velocidade não se limita apenas à resposta a desastres. Também é pertinente à preparação para desastres, onde a abordagem da cadeia de suprimentos humanitária pode estar mais próxima de sua contraparte comercial. Conscientes do custo e da rapidez, as agências humanitárias trabalham para desenvolver processos e produtos para estarem melhor preparados para atingir os dois objetivos. Como exemplo, é a preposição de mercadorias regionalmente para reduzir o custo de aquisição de produtos padronizados de alta demanda, reduzindo o tempo de espera quando ocorre um desastre. Em alguns casos, o preposicionamento permite que as agências façam adiamento, atrasando até o último momento possível a combinação de mercadorias que serão enviadas ao campo para adaptá-las às exigências locais (TOMASINI e WASSENHOVE, 2009).

Ainda para Tomasini e Wassenhove (2009) as cadeias de suprimentos humanitários também diferem das empresariais por causa de objetivos ambíguos, recursos humanos e de capital limitados, altos níveis de incerteza e ambiente politizado. Objetivos ambíguos dificultam a avaliação do nível de comprometimento dos diferentes atores que frequentemente operam de forma descoordenada e espontânea. Os recursos humanos limitados resultam da alta rotatividade de pessoal e de um grupo escasso de pessoal qualificado, enquanto os recursos de capital estão sujeitos a doações imprevisíveis que limitam o fluxo administrativo em campo. A incerteza afeta diretamente a qualidade das avaliações de oferta e demanda.

Tudo isso em um ambiente sujeito às agendas políticas dos diferentes atores envolvidos, incluindo doadores, governos, forças armadas e agências de ajuda.

Pode-se observar no Quadro 3 que existe uma clara necessidade de atividade de compras em cadeias de suprimentos humanitárias devido às doações em dinheiro e ao fato de que os estoques disponíveis geralmente não são suficientes no início do atendimento a um desastre.

Quadro 3: Comparação entre a Cadeia de Suprimentos Humanitária e Comercial

	COMERCIAL	HUMANITÁRIA
Objetivo Principal	Maximizar o lucro	Salvar vidas e prestar ajuda às vítimas de desastres
Demanda	Moderadamente estável e pode ser prevista em técnicas de previsão	Irregular no que diz respeito à quantidade, tempo e lugar. A demanda é estimada dentro das primeiras horas de resposta a um desastre
Suprimentos	Previsível em grande parte	Depende de doações em dinheiro para compras. Doações materiais necessitam de triagem para reduzir gargalos
Fluxo	Produtos comerciais	Recursos como veículos (usados, por exemplo, para evacuação, pessoas, abrigo, comida, kits de higiene pessoal
Tempo de espera (<i>Lead Time</i>)	Predeterminado	Deve ser o menor possível, demanda quase imediata
Estrutura da rede de distribuição	Técnicas estabelecidas para definir a quantidade de armazéns e centros de distribuição	Estrutura de rede dinâmica, relacionadas diretamente com a demanda
Controle de estoque	Estoques de segurança para um nível de serviço desejado são facilmente determinados, sabendo-se o padrão da demanda e fornecimento	Demanda pouco previsível torna o controle de estoques desafiador e o posicionamento geralmente não é suficiente para atender a demanda
Tecnologia e sistemas de informação	Tecnologia avançada é utilizada por meio de <i>softwares</i> comerciais	Menor uso de tecnologia, limitado acesso a <i>softwares</i> para rastreamento de dados e escassas informações disponíveis
Medidas de desempenho	Baseado em métricas padronizadas da cadeia de suprimentos	Tempo para responder ao desastre, porcentagem da demanda fornecida totalmente, atender as expectativas dos doadores
Veículo e equipamentos	Caminhões comuns, veículos e empilhadeira	Equipamentos robustos facilmente montados e desmontados
Recursos humanos	Logística comercial é uma carreira respeitada	Alta rotatividade de funcionários, baseada em equipe voluntária, ambiente físico e psicológico severo
<i>Stakeholders</i>	Acionistas, clientes e fornecedores	Doadores, militares governos, ONGs, agências da ONU, beneficiários

Fonte: Adaptado de Ertem, Buyurgan e Rossetti (2010)

Além da demanda e oferta desconhecidas, as cadeias de suprimentos humanitários enfrentam altas incertezas relacionadas aos recursos disponíveis. Baixas habilidades de voluntariado, alta rotatividade de pessoal e infraestrutura local ruim aumentam as condições operacionais desafiadoras das cadeias de suprimentos humanitárias. Redes de transporte incompletas, problemas de segurança e informações confiáveis muito limitadas são restrições adicionais na logística humanitária (WASSENHOVE e MARTINEZ, 2010).

A redução do *lead time* (tempo decorrido para concluir um processo de negócios) se torna uma importante área de consideração, especialmente no setor humanitário, onde qualquer melhoria no *lead time* da cadeia de suprimentos pode ter um impacto positivo significativo sobre os beneficiários e, portanto, maior retorno sobre as doações. Isso valida a importância do gerenciamento da cadeia de suprimentos como um fator chave na eficácia geral de qualquer resposta humanitária (TOMASINI e WASSENHOVE, 2009).

As empresas do setor privado podem exigir cada vez mais os mesmos tipos de características (agilidade, adaptabilidade, flexibilidade) que as agências humanitárias. No entanto, o ambiente imprevisível, dinâmico e caótico em que operam as cadeias humanitárias é único (WASSENHOVE, 2006).

Embora a logística humanitária possa aprender com o setor privado em termos de ferramentas e técnicas, por exemplo, controle de estoque ou armazenamento, o setor privado pode aprender com a logística humanitária em termos de agilidade, adaptação e resposta a uma mudança rápida de situação (WASSENHOVE, 2006).

Uma resposta bem-sucedida depende muito das capacidades locais, bem como da colaboração com o governo anfitrião para receber ajuda estrangeira ou mesmo recursos militares em seus territórios, além disso, a disposição de outros governos e do público em geral de doar ou oferecer assistência (WASSENHOVE, 2006).

Independentemente do tipo de incerteza que afeta a cadeia de suprimentos humanitária, o gerenciamento de informações pode ajudar a reduzir a complexidade causada pela incerteza (TOMASINI e WASSENHOVE, 2009).

As doações de cada país são canalizadas por meio das agências de ajuda internacional para parceiros locais nos países afetados. Na maioria dos casos, esses parceiros são os mais próximos da população afetada e da mesma cultura que fornece os serviços de socorro às populações afetadas (THOMAS e KOPCZAK, 2005).

Dois principais fatores externos afetam o crescimento e as operações das organizações humanitárias internacionais. Em primeiro lugar, o número de desastres e o número de operações simultâneas em todo o mundo estão aumentando a necessidade de encontrar maneiras mais eficientes para poder responder às necessidades de um número cada vez maior de pessoas (THOMAS e KOPCZAK, 2005).

Em segundo lugar, os doadores estão se tornando cada vez mais exigentes quanto ao desempenho e impacto. Com um número crescente de agências de ajuda humanitária, a competição pelo financiamento de doadores está ficando mais intensa, e os dados que demonstram o impacto provavelmente serão o diferencial. Além disso, os doadores estão se tornando menos tolerantes com a óbvia e dispendiosa duplicação de esforços e estão incentivando fortemente as agências de ajuda a colaborar em torno da criação de serviços comuns. Como consequência, as agências de ajuda tornaram-se mais conscientes da necessidade de usar estrategicamente seus recursos (THOMAS e KOPCZAK, 2005).

1.8 Sistemas de informação em emergências humanitárias

A informação é um elemento central que conecta todos os atores envolvidos na resposta humanitária. Embora os sistemas de informação tenham avançado com relação a melhorias feitas na infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação, para facilitar uma melhor coordenação e colaboração entre os agentes humanitários, ainda existem lacunas em relação à geração, análise e disseminação de informações de qualidade antes, durante e após os desastres. Essas lacunas podem ser atribuídas à natureza da resposta humanitária, que pode ser idealmente conceituada como um sistema complexo (ALTAY e LABONTE, 2014).

Os fluxos de informação humanitária geralmente operam por meio de quatro canais relacionados: dentro das organizações humanitárias; entre essas organizações; de indivíduos para organizações humanitárias; e de organizações humanitárias para indivíduos (SAGUN, BOUHLAGHEM e ANUMBA, 2009).

Os fluxos interorganizacionais de informação nas redes de ajuda humanitária estão mais intimamente associados à coleta de dados (registrando danos físicos, necessidades, vulnerabilidades e capacidades); processamento de informações (compilação de dados em um repositório para decisões de gerenciamento de conhecimento e alocação de recursos); e compartilhamento de informações (por meio de uma variedade de plataformas, tecnologias e estruturas, seja um para um, um para muitos ou muitos para um). Quando a capacidade de um ator para realizar essas operações é eficaz, cria-se um conhecimento acionável que, consequentemente, informa a tomada de decisão sobre os fluxos de recursos (DAY, JUNGLAS e SILVA, 2009).

As redes de ajuda humanitária podem ser concebidas como organizações ou sistemas temporários. Eles se tornam centros de recursos humanos e materiais, informações e outras dinâmicas, muito semelhantes àquelas que normalmente existem em organizações comerciais. No caso de uma configuração de emergência, no entanto, é o desastre que estabelece a configuração específica de uma rede. Pode-se argumentar, portanto, que a natureza temporária do socorro a desastres aumenta a probabilidade de que formas especiais de gerenciamento de informações sejam necessárias para que funcionem eficientemente (DAY, JUNGLAS e SILVA, 2009)

Para Howden (2009) os sistemas de informações da logística humanitária são importantes pois:

- a) Podem fornecer informações precisas e oportunas sobre quais suprimentos são necessários, quais foram entregues aos beneficiários e em quais locais, sendo assim possível avaliar se as entregas foram feitas de maneira a atender as necessidades, este feedback assegura que os doadores e as organizações humanitárias estejam engajados;
- b) Facilitam e melhoram as atividades de logística em cada fase e a continuidade das operações compartilhando informações durante a transição de diferentes fases do ciclo de gerenciamento de desastres. Por meio da colaboração entre organizações, também têm o potencial de reduzir a corrupção e a distorção do mercado que pode ocorrer durante as operações humanitárias;
- c) Podem oferecer oportunidades para uma melhor prevenção da corrupção e controle do mercado por meio da colaboração entre diferentes organizações humanitárias.
- d) Podem fortalecer as unidades de logística e integrá-las a outras unidades e ao ciclo de gerenciamento de desastres para criar mais eficiência e eficácia das cadeias de suprimentos humanitários;
- e) Integrar as unidades logísticas na Cadeia de Suprimento Humanitária;
- f) Melhorar as atividades de logística e fornecer suporte contínuo em toda a preparação, resposta, fases de transição, recuperação e mitigação do ciclo de gestão de desastres;
- g) Criar possibilidades de colaboração entre organizações humanitárias.

Dentro do contexto dinâmico das operações humanitárias, a necessidade de informação oportuna, relevante e confiável é amplamente reconhecida pelos atores humanitários no campo, bem como pelas sedes remotas de suas organizações. O

gerenciamento de informações abrange as várias etapas do processamento da informação, desde a produção até o armazenamento e recuperação, até a disseminação para o melhor funcionamento de uma organização; informação pode ser de fontes internas e externas e em qualquer formato. Cada vez mais, a tecnologia da informação está desempenhando um papel fundamental na habilitação de um gerenciamento eficaz e eficiente da informação. Isso, por sua vez, cria o principal desafio de integrar a tecnologia nos processos de trabalho estabelecidos dos atores humanitários, a fim de criar um sistema de trabalho (WALLE, EEDE e MUHREN, 2008).

Um sistema de trabalho é um sistema no qual participantes humanos e/ou máquinas usam em formação, tecnologias e outros recursos para executar processos de produção de produtos e/ou serviços para clientes internos ou externos. Os sistemas de informação constituem então um caso especial de sistemas de trabalho em que os processos formados e os produtos e serviços produzidos são dedicados à informação (ALTER, 2002).

Para Alter (2002) as atividades nesses processos são limitadas a seis tipos de atividades informatizadas ou manuais: captura, transmissão, armazenamento, recuperação, manipulação e exibição de informações.

Os sistemas de informação consistem em tecnologia da informação (*hardware, software, redes*) obviamente. Mas também incluem infraestrutura (infraestrutura técnica como telecomunicações ou até eletricidade, bem como infraestrutura humana ou pessoas capazes de trabalhar com o sistema), participantes (aqueles que operam ou trabalham para contribuir com o sistema), processos e clientes ou usuários finais. Além do processamento de informações, as atividades destes sistemas de trabalho maiores também incluem comunicação, tomada de sentido, tomada de decisão, pensamento e ação física. Sistemas de rastreamento e rastreamento; por exemplo: são sistemas de informação, mas os usuários também participam de um sistema de trabalho maior, como enviar equipes médicas e remédios para áreas atingidas por desastres (ALTER, 2002).

Em 1991 foi criado *Office for the Coordination of Humanitarian Affairs* - OCHA com um mandato específico para trabalhar com agências de ajuda operacional para garantir que não haja lacunas na resposta e que a duplicação de esforços seja evitada. O gerenciamento de informações do OCHA abrange desde a coleta de informações e dados, até sua integração, análise, síntese e disseminação via Internet e outros meios. Para responder às necessidades de informação, o OCHA desenvolveu sistemas de informação humanitária que incluem a

ReliefWeb, Regional Information Networks - IRIN, Information Management Units – IMUs e Humanitarian Information Centers - HICs. Todos esses serviços estabeleceram sólidas reputações no movimento de informações de qualidade e são reconhecidos como essenciais na coordenação da resposta de emergência entre os parceiros da comunidade humanitária (WALLE, EEDE e MUHREN, 2008).

Um exemplo é o SAHANA, trata-se de uma ferramenta de colaboração baseada na web que aborda os problemas comuns de coordenação durante um desastre: encontrar pessoas desaparecidas, gerenciar ajuda, gerenciar voluntários, rastrear locais de relocação etc., entre o governo, a sociedade civil e as próprias vítimas. O SAHANA é um conjunto integrado de aplicativos de gerenciamento de desastres baseados na *Web* que fornecem soluções para problemas humanitários de larga escala.

O desenvolvimento do SAHANA, um sistema de Gerenciamento de Desastres de Código Aberto distribuído sob os termos da Licença Pública Geral Menor GNU, foi desencadeado pelo desastre do tsunami em 2004 para ajudar a coordenar o esforço de assistência no Sri Lanka. Foi inicialmente construído por um grupo de voluntários da indústria de TI do Sri Lanka e liderado pela *Lanka Software Foundation*. Uma implementação de SAHANA foi autorizada e implantada pela CNO (o principal órgão do governo no Sri Lanka coordenando o esforço de ajuda) para ajudar a coordenar todos os dados capturados. O SAHANA foi implantado com sucesso após vários grandes desastres naturais, por exemplo, após o grande terremoto em Paquistão em 2005, e o desastre de deslizamento de terra nas Filipinas e o terremoto de Yogyakarta, ambos em 2006.

1.9 Comunicação em Emergências

A comunicação confiável entre os diversos setores que intervêm nas atividades de socorro, conectando os vários lugares onde essas atividades acontecem, é imprescindível para o sucesso de qualquer operação (PAHO, 2001).

De acordo com a *Federal Emergency Management Agency – FEMA* (2018), nos últimos 10 anos, a tecnologia redefiniu o gerenciamento global de emergências e as comunicações de desastres. Um dos primeiros desastres nacionais a depender fortemente de

tecnologia, foi o furacão Sandy em 2012, uma vez que os usuários enviaram mais de 20 milhões de tweets relacionados ao Sandy .

Como as pessoas adotaram as tecnologias móveis, é cada vez mais importante para os profissionais de gerenciamento de desastres adotar uma estratégia de mídia social, bem como a capacidade de usar várias formas de tecnologia para se comunicar e se conectar com uma população cada vez mais conectada (FEMA, 2018).

A Cruz Vermelha Americana oferece aplicativos móveis gratuitos que dão às pessoas acesso instantâneo a mais de 35 alertas de emergência personalizados, bem como dicas de segurança e informações de preparação para 14 tipos diferentes de emergências e desastres. O aplicativo de emergência contém um recurso "Estou seguro", que ajuda as pessoas a usar as mídias sociais para permitir que seus entes queridos saibam que estão bem após uma emergência. Outros aplicativos da Cruz Vermelha incluem Doador de Sangue, Terremotos, Primeiros Socorros, Inundação, Herói, Furacão, Primeiros Socorros para Animais de Estimação, Rádio Cruz Vermelha , Natação, Tornados, Diretrizes para Práticas de Transfusão e Incêndios (RC, 2018).

O *Facebook* oferece uma página sobre desastres naturais, que é configurada para que as pessoas possam verificar os entes queridos, obter atualizações sobre a situação em desenvolvimento e procurar informações sobre como ajudar. A Resposta a Desastres no Facebook destaca dicas, notícias e informações sobre como se preparar, responder e se recuperar de desastres naturais. Os usuários do Facebook que gostam e seguem a página podem ficar atualizados e conectados com as comunidades afetadas em todo o mundo (WIMBERLY, 2018).

A robótica aérea, incluindo os veículos aéreos não tripulado, também conhecidos como drones, mostram potencial para transformar a ajuda humanitária. Usando essa tecnologia, as organizações podem mapear o terreno de maneira mais eficaz, avaliar os danos em tempo real, aumentar o conhecimento da situação por meio de mapeamento de alta resolução e entregar itens de maneira mais rápida, barata e eficiente. Menores em custo, mais leves e mais silenciosos que helicópteros ou aviões, com rotas pré-programadas que lhes permitem voar em condições de risco de vida, fornecem acesso a áreas inacessíveis. Além disso, câmeras infravermelhas e sistemas de escuta avançados permitem que os drones descubram sobreviventes de escombros ou entre chamas e cenas noturnas ao vivo, aumentando o sucesso dos esforços de resgate críticos (WEF, 2018).

Em tempos de desastre, a conectividade básica é uma forma de ajuda que conecta as pessoas aos recursos essenciais para a sobrevivência e permite que as organizações humanitárias forneçam rapidamente informações que salvam vidas (JIMENEZ, 2015).

Normalmente, uma “solução tecnológica” para uma emergência humanitária, se pensa em redes de mídia social configuradas para denunciar pessoas desaparecidas; impressoras 3D que criam kits de primeiros socorros e higiene; ou drones que capturam fotos de temperatura de desastres para localizar corpos quentes em escombros. No entanto, em emergências de início rápido ou complexas, parte da infraestrutura necessária para implementar soluções de "alta tecnologia" é inexistente. É por isso que os trabalhadores humanitários se voltaram para todo um território de soluções que vêm das indústrias de "médio baixo" ou "de baixa", como automóveis, máquinas, têxteis e dispositivos elétricos simples. Essas tecnologias são consideradas "de baixa tecnologia" porque, como elas existem há muitos anos, elas se envolvem em menos atividades de pesquisa e desenvolvimento. No entanto, eles são os "avós" das inovações tecnológicas mais atuais e provaram ser bastante eficazes na resposta às crises humanitárias, especialmente onde as soluções de "alta tecnologia" falham (JIMENEZ, 2015).

Durante emergências, comunicar-se efetivamente com as comunidades pode, muitas vezes, salvar vidas. E as soluções de "baixa tecnologia" provaram ser eficazes para melhorar o contato e o diálogo com as populações afetadas pela emergência. Aqui estão quatro casos apresentados pela *The United Nation Refugee Agency* – UNHCR.

Rádio FM: O tufão da categoria 5, Haiyan (Bagyong Yolanda) chegou às margens do leste de Samar, nas Filipinas, no início de novembro de 2013, matando 6,3 mil pessoas em seu caminho, deslocando mais de 1,9 milhões de pessoas que foram forçadas a deixar suas casas. Com uma velocidade sustentada de 230 km/h o tufão interrompeu as principais telecomunicações via satélite, deixando pessoas sem acesso à mídia de massa ou telefones celulares imediatamente após o desastre. Como resultado, as pessoas recorreram a uma solução de "baixa tecnologia" para obter informações críticas e apoio da comunidade: a rádio comunitária local. A comunidade utilizou o rádio como forma de compartilhar mensagens sobre o fornecimento de serviços básicos. Eles também conectaram por meio do serviço de mensagens curtas (SMS) e telefonemas de populações interessadas.

SMS: Em janeiro de 2010, um terremoto de magnitude 7,0 atingiu o Haiti, com um epicentro a aproximadamente 25 quilômetros (16 milhas) da capital, Port-au-Prince. O terremoto matou 220 mil pessoas e obrigou 1,5 milhão a abandonar suas casas devido a graves

danos na infraestrutura. As telecomunicações também foram muito afetadas, uma vez que a nação insular perdeu a maioria das torres de comunicação. Organização humanitária, a *InSTEDD* fez uma parceria com a *DigiCel*, a maior operadora de telefonia celular, para desenvolver um código curto SMS para relatar mensagens de emergência: o 4636. O serviço era oferecido gratuitamente às populações afetadas para que pudessem enviar mensagens de emergência. Essas mensagens incluíam atualizações sobre distribuição de alimentos e relatórios sobre pessoas desaparecidas.

Sensores de Nível: a Indonésia é um dos vários países mais afetados pelas chuvas de monção. Em junho de 2014, as fortes chuvas causaram inundações tão maciças na parte norte do país que 13 pessoas foram mortas e 40.000 foram deslocadas de suas casas. As pessoas perderam suas vidas e seus pertences preciosos porque não havia sinais de alerta de que os níveis de água subissem subitamente para níveis perigosos. Sensores podem resolver esse problema. Os sensores podem ser dispositivos "*high-tech*" ou "*low-tech*". Um exemplo de um sensor de "alta tecnologia" é um sensor remoto, que obtém imagens e dados à distância, geralmente usando satélites ou aeronaves, como drones. Um sensor de nível é um exemplo de sensor "*low-tech*". Esses sensores detectam diretamente o nível de fluido em um corpo de água sempre que há um aumento. Essa tecnologia, combinada com o SMS, pode servir como um sistema de alerta antecipado para inundações. Quando o nível da água aumenta, o sensor acionará um alerta para um modem GSM para enviar um SMS para os assinantes do telefone. As soluções de "baixa tecnologia" também podem ser acompanhadas por soluções de "alta tecnologia" para fortalecer sua eficácia. Isso pode ser visto no caso da cidade de Jacarta, onde uma iniciativa liderada pelo governo sobre mídia social possibilitou o compartilhamento de informações sobre inundações no Twitter, enquanto os dados eram então visualizados em um mapa.

Rádio AM: o fracasso da infraestrutura de telecomunicações nem sempre é causado por desastres naturais. Em muitos casos, essa infraestrutura pode ser esgotada por conflitos. Em outros casos, a infraestrutura nunca existiu. Este é o caso da Somália. A *Frequency Modulation* (FM) é a onda de rádio mais comum e é usada principalmente devido à qualidade do som. No entanto, se as ondas FM encontrarem uma montanha, por exemplo, o sinal é perdido. Por esta razão, ondas curtas, que são um tipo de modulação amplificada (AM), é a melhor maneira de transmitir rádio em locais inacessíveis, porque suas ondas viajam mais longe devido ao seu comprimento. Este é o caso da Radio Ergo que criou um programa chamado *Freedom Fone*, que permite que os ouvintes de áreas remotas liguem para a estação

e façam perguntas sobre, por exemplo, questões relacionadas à saúde. O estúdio da estação está localizado em Nairobi, mas transmite para a Somália via Emirados Árabes Unidos. Uma configuração como essa pode dar liberdade jornalística em um caso em que pode haver restrições impostas pelo governo ao acesso à programação de rádio. As agências humanitárias estão tirando proveito disso, e estão desenvolvendo uma nova programação com a Rádio Ergo, que se concentra na prevenção de desastres e doenças, proteção e meios de subsistência.

1.10 Transparência e Informação na Gestão de Suprimentos de Emergência

No último boletim divulgado pela International (2017) o financiamento da assistência humanitária tem aumentado ano a ano, de cerca de US \$ 16,7 bilhões em 2010 para US \$ 27,3 bilhões em 2016. Esse é um grande passo para garantir que a ajuda essencial chegue aos mais necessitados após desastres naturais ou conflitos. Mas mesmo quando vidas estão em jogo e as pessoas mais vulneráveis, a corrupção e outros abusos não são incomuns. A maioria das operações humanitárias internacionais ocorre em Estados frágeis, com fraco estado de direito, instituições públicas ineficientes ou disfuncionais e uma capacidade limitada de se preparar e prevenir desastres humanitários.

Não há números específicos sobre o quanto da ajuda é perdida para a corrupção, mas isso prejudica os esforços humanitários de várias maneiras. Suborno e extorsão distorcem a tomada de decisões e aumentam o custo de bens e serviços. A quantidade de ajuda que atinge os mais vulneráveis é reduzida ou sua qualidade é diminuída (INTERNATIONAL, 2017).

Outras formas de corrupção - como nepotismo e favoritismo na contratação de pessoal, ou preconceito ou interferência política na distribuição de ajuda - podem ocorrer mesmo quando as contas financeiras parecem estar em ordem. Pode até haver extorsão de favores sexuais em troca de ajuda e intimidação de funcionários, de modo que eles fiquem cegos para a má conduta (INTERNATIONAL, 2017).

O setor de ajuda humanitária enfrenta o desafio da corrupção há mais de uma década, mas é claro que é necessário um maior investimento no combate à corrupção. Mais especificamente, os principais atores do setor humanitário - governos doadores, ONU,

agências humanitárias e governos anfitriões - precisam se fortalecer e trabalhar mais coletivamente em certas áreas (INTERNATIONAL, 2017).

Para a UNOCHA (2017) a transparência é uma parte fundamental da melhoria da eficiência, eficácia e responsabilidade da ação humanitária. Saber quanto financiamento é fornecido em contextos de crise e recebido por pessoas afetadas é um pré-requisito para priorizar reformas no financiamento humanitário e acompanhar o progresso. Existem três aspectos da transparência que são particularmente importantes no financiamento humanitário:

- a) Rastreabilidade: ser capaz de "acompanhar o dinheiro" através da cadeia de transações, desde o doador até as pessoas afetadas pela crise.
- b) Totalidade: refletindo todos os fluxos de recursos relevantes, incluindo e além da assistência humanitária, colmatando a divisão de relatórios humanitários e de desenvolvimento.
- c) Oportunidade: é essencial ter uma visão atualizada dos recursos disponíveis para acelerar os ambientes humanitários.

A transparência requer a existência de mecanismos confiáveis para verificar se a gestão de suprimentos em cada estágio é correta, justa e eficaz, e manter os doadores informados sobre os resultados de sua assistência (PAHO, 2001).

1.11 Teoria dos jogos

A teoria dos jogos é uma teoria matemática criada para se modelar fenômenos que podem ser observados quando dois ou mais “agentes de decisão” interagem entre si. Ela fornece a linguagem para a descrição de processos de decisão conscientes e objetivos envolvendo mais do que um indivíduo (SARTINI *et al.*, 2004).

A história da Teoria dos Jogos tem registros de correspondências que remontam ao século XVIII. Em correspondência dirigida a Nicolas Bernoulli, James Waldegrave analisa um jogo de cartas chamado “le Her” e fornece uma solução que é um equilíbrio de estratégia mista. No início do século XIX, Augustin Cournot apresenta um trabalho sobre duopólio (Esta definição é geralmente usada apenas quando duas empresas têm o controle dominante do mercado). Em 1913, Ernst Zermelo publica o primeiro teorema matemático da Teoria dos

Jogos; que afirma que o jogo de xadrez é estritamente determinado, isto é, em cada estágio do jogo pelo menos um dos jogadores tem uma estratégia em mão que lhe dará a vitória ou conduzirá o jogo ao empate (SARTINI, *et al.*, 2004).

A teoria dos jogos é uma ferramenta poderosa para analisar situações em que as decisões de múltiplos agentes afetam o retorno de cada agente. Embora muitos economistas dos últimos séculos tenham trabalhado no que podem ser considerados modelos de teoria dos jogos John von Neumann e Oskar Morgenstern são formalmente creditados como os pais da teoria moderna dos jogos.

Para os autores Cachon e Netessine (2003), o livro clássico "Teoria dos Jogos e Comportamento Econômico", escrito por von Neumann e Morgenstern em 1944, descreve conceitos básicos sobre a teoria dos jogos existentes na época. Desde então a teoria dos jogos desfrutou de uma explosão de desenvolvimentos, incluindo o conceito de equilíbrio de Nash em 1950, jogos com informações imperfeitas Kuhn em 1953, jogos cooperativos de Aumann em 1959 e Shubik em 1962 e leilões de Vickrey em 1961.

Cachon e Netessine (2003) discorrem sobre a utilização da Teoria dos Jogos no gerenciamento de cadeias de suprimentos. Os autores dividem seu trabalho da seguinte forma: jogos estáticos não cooperativos; jogos dinâmicos sequenciais; jogos dinâmicos simultâneos; e jogos cooperativos. Também incluem a análise de jogos com informação incompleta classificando-os em: jogos de sinalização; *screening games*, *Bayesian games*. Os autores identificam o gerenciamento das cadeias de suprimentos como um campo bastante rico para a aplicação dos conceitos da Teoria dos Jogos.

A teoria dos jogos é uma ferramenta poderosa para modelar as interações de tomadores de decisões independentes, incluindo os envolvidos em sistemas de cadeia de suprimentos humanitários. Um ramo da matemática há muito utilizado na economia e na ciência política para modelar a interação humana, a teoria dos jogos também foi aplicada a cadeias de suprimento comerciais para maximizar valor (KETCHEN e HULT, 2007), otimizar esforços cooperativos (CACHON e ZIPKIN, 1999) e formar estratégia de marketing (HUANG e LI, 2001) todas elas também relevantes em operações humanitárias. A teoria dos jogos modela os decisores descentralizados como jogadores em um jogo, cada um dos quais toma decisões de acordo com a estrutura do jogo e seu próprio objetivo. O resultado do jogo representa os resultados das interações entre os tomadores de decisão (MUGGY e STAMM, 2014).

Um modelo de teoria dos jogos, ou simplesmente um "jogo", consiste em vários elementos. O primeiro é um conjunto de jogadores, cada um com um conjunto de estratégias para escolher. Cada jogador também mantém um objetivo, muitas vezes expresso matematicamente como uma função de utilidade para otimizar. A combinação de estratégias escolhidas por todos os jogadores determina o resultado do jogo e as conseqüências, ou recompensa, para cada jogador de acordo com sua função de utilidade. Em um modelo de teoria dos jogos de operações humanitárias, os jogadores representam partes interessadas ou tomadores de decisão, como organizações não governamentais, agências governamentais, doadores ou beneficiários. Exemplos de *payoffs* neste contexto incluem custos minimizados, entrega eficiente de serviços, estimativa precisa da demanda, número de beneficiários alcançados, fundos arrecadados e o nível de conscientização pública criado (MUGGY e STAMM, 2014).

Os modelos de teoria dos jogos são classificados em várias dimensões. Em jogos simultâneos (ou estáticos), todos os jogadores tomam uma decisão ao mesmo tempo, enquanto jogos extensos (também sequenciais ou dinâmicos) envolvem uma sequência de decisões em que alguns jogadores observam as ações dos outros antes de decidir por conta própria. Um jogo é simétrico se o mesmo conjunto de estratégias estiver disponível para cada jogador e o pagamento de cada jogador depender somente na combinação de estratégias jogadas, não nas identidades daqueles que as jogam. Caso contrário, um jogo é assimétrico. Jogos de informação perfeita são aqueles em que cada jogador conhece as ações disponíveis para outros jogadores, suas funções de pagamento e quaisquer decisões que já tenham sido tomadas. Se os jogadores não estiverem perfeitamente informados sobre essas características, o jogo é de informação imperfeita. Os jogos podem ser classificados de acordo com os *payoffs*, em que os jogos de soma zero são aqueles em que qualquer coisa ganha por um jogador ou conjunto de jogadores é perdida por outro, de modo que a compensação líquida para todos os jogadores seja zero. Jogos de soma não-zero permitem valores gerais de pagamento. Finalmente, os jogos podem ser não cooperativos ou cooperativos. Em jogos não cooperativos, cada jogador escolhe ações de forma independente para otimizar seus próprios resultados. Modelos de jogos cooperativos representam as ações de grupos de atores nos quais a cooperação pode gerar alianças estratégicas e *payoffs* melhorados (MUGGY e STAMM, 2014).

Parte integrante de uma compreensão da teoria dos jogos é o conceito de equilíbrio de Nash, que é um resultado do qual nenhum jogador pode melhorar sua recompensa alterando unilateralmente sua estratégia. Em outras palavras, nenhum jogador tem incentivo para se

desviar de sua estratégia, mesmo observando as estratégias de seus oponentes. Os equilíbrios de Nash não implicam necessariamente retornos ideais para qualquer jogador. Em vez disso, eles representam o produto de decisões tomadas no interesse próprio de um jogador e a suposição de que outros jogadores farão o mesmo (MUGGY e STAMM, 2014).

Nagurney, Flores e Soylu (2016) apresentam um modelo de rede que consiste em várias organizações não governamentais que buscam fornecer vários pontos de demanda com itens de assistência após um desastre. Cada organização não governamental é confrontada com uma função de utilidade que tem um componente da cadeia de suprimentos e um componente de fundos financeiros associado a doações após o desastre. As organizações não governamentais competem por fundos financeiros e visibilidade nos pontos de demanda e estão sujeitas a restrições comuns, isto é, compartilhadas, na forma de limites superiores e inferiores para as demandas nos pontos de demanda. Tais restrições podem reduzir a convergência de material e até mesmo o congestionamento associado aos pontos de demanda. O modelo é um modelo de Equilíbrio de Nash que demonstra que o problema do equilíbrio pode ser transformado em um problema de otimização devido à sua estrutura especial.

1.12 Modelagem e Simulação Baseada em Agentes

Para Ryan e Heavey (2006) a simulação computacional é apontada como uma das técnicas de pesquisa mais utilizada devido a sua flexibilidade, versatilidade e poder de análise.

A literatura apresenta diversas definições para simulação, porém, Harrel, Ghosh e Bowden (2004) veem a simulação como a imitação de modelo real, feita em um ambiente computacional, para se realizar experimentos.

A simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado, onde seu comportamento pode ser estudado sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou altos custos envolvidos (MONTEVECHI *et al.*, 2007).

A simulação introduz a possibilidade de um novo modo de pensar sobre processos sociais e econômicos, baseado em ideias sobre o surgimento de comportamentos complexos a partir de atividades relativamente simples. Essa técnica de modelagem pode esclarecer, implementar e validar de uma teoria. Enquanto os modelos analíticos geralmente buscam

explicar as correlações entre as variáveis medidas em um único ponto no tempo, os modelos de simulação estão relacionados ao desenvolvimento de um sistema ao longo do tempo. Além disso, os modelos analíticos tendem a operar em um nível muito mais alto de abstração do que modelos de simulação (SIEBERS *et al.*, 2007).

Existem vários paradigmas diferentes na modelagem de simulação. Os principais são Eventos Discretos, Dinâmica de Sistemas e Baseado em Agentes. A escolha da abordagem mais adequada depende sempre das questões investigadas, dos dados de entrada disponíveis, do nível de análise e do tipo de respostas que são procuradas. Embora a simulação computacional tenha sido usada amplamente na década de 1960, a Modelagem Baseada em Agente só se tornou popular no início dos anos 90 (SIEBERS *et al.*, 2007)

A Modelagem e Simulação Baseada em Agentes - MSBA também é conhecida como: Modelagem Baseada em Agentes; Sistemas Baseados em Agentes; Modelagem Baseada em Indivíduos. Trata-se de uma abordagem de modelagem que vem ganhando atenção nos últimos anos para modelar sistemas complexos compostos de agentes autônomos e interativos (MACAL e NORTH, 2010).

Os agentes têm comportamentos, geralmente descritos por regras simples, e interações com outros agentes, que por sua vez influenciam seus comportamentos. Aplicações de modelagem baseada em agentes abrangem uma ampla gama de áreas e disciplinas, que variam desde a modelagem do comportamento do agente no mercado de ações, para prever a disseminação de epidemias, modelar o comportamento de compra de um consumidor, cadeias de suprimento e muitos outros (MACAL e NORTH, 2010).

Uma modelagem e simulação baseada em agentes é uma técnica de modelagem orientada a objetos para simular as interações e ações das entidades autônomas na tomada de decisão, avaliando o efeito como um todo para capturar os fenômenos emergentes. Centenas de agentes, que estão repetidamente interagindo ao longo do tempo, operam simultaneamente para investigar a conexão entre o comportamento do indivíduo em nível macro e micro (MAS, IMAMURA e KOSHIMURA, 2011).

A modelagem baseada em agentes demonstrou que pode fornecer *insights* que não estão disponíveis em outros métodos além de capturar a dinâmica do sistema natural e humano (DAWSON, PEPPE e WANG, 2011).

Para Bonabeau (2002) os benefícios do modelo baseado em agente sobre outras técnicas de modelagem podem ser destacados em três premissas: (1) captura fenômenos emergentes; (2) fornece uma descrição natural de um sistema; e (3) flexibilidade.

A técnica de modelagem baseada em agentes já foi empregada em vários estudos na Logística Humanitária. Por exemplo, Chen e Zhan (2008) introduziram uma técnica baseada em agentes para modelar o fluxo de tráfego e investigar o comportamento coletivo de evacuados. Uno e Kashiya (2008) propuseram um sistema de simulação de evacuação de emergência multiagente. Liu, Okada e Takeuchi (2008) formularam um modelo de escolha de rota dinâmica em um sistema multiagente quando se considera a evacuação em grupo. Nagarajan, Shaw e Albores (2012) desenvolveram um modelo de simulação multiagente e o implantaram em um estudo de disseminação de informações de alerta. Mas, Imamura e Koshimura (2011) propuseram um modelo de evacuação integrado com uma simulação numérica de um tsunami e uma avaliação de estimativa de acidentes para estudar a segurança de vida considerando a tomada de decisão dos evacuados em relação ao horário de início da evacuação.

Macal e North (2010) afirmam que um modelo baseado em agentes possui três elementos:

- a) Um conjunto de agentes, seus atributos e comportamentos;
- b) Um conjunto de relacionamentos de agentes e métodos de interação; ou seja, uma topologia subjacente de conectividade que define como e com quem os agentes interagem;
- c) O ambiente dos agentes; ou seja, os agentes interagem com o ambiente, além de outros agentes. Então para criar um modelo baseado em agente estes elementos devem ser identificados, modelados e programados.

Uma característica importante dos agentes é a capacidade de agir autonomamente, isto é, de agir por si mesmo sem direção externa em resposta a situações que encontra. Os agentes são dotados de comportamentos que lhes permitem tomar decisões independentes. Normalmente, os agentes estão ativos, iniciando suas ações para atingir suas metas internas, em vez de meramente passivos, respondendo reativamente a outros agentes e ao ambiente (MACAL e NORTH, 2010).

Não existe consenso universal na literatura sobre a definição precisa de um agente além da propriedade essencial da autonomia. Bonabeau (2002) considera qualquer tipo de

componente independente (*software*, modelo, indivíduo etc.) como agente. Nessa visão, o comportamento de um componente pode variar de regras simplistas e reativas "if-then" a comportamentos complexos modelados por técnicas adaptativas de inteligência artificial.

Casti (1997) argumenta que os agentes devem conter regras de nível de base para o comportamento e regras de nível superior que são, na verdade, "regras para alterar as regras". As regras de nível básico fornecem respostas mais passivas ao ambiente, enquanto as "regras para alterar as regras" fornecem recursos mais ativos e adaptativos.

Para Macal e North (2010) os agentes apresentam as seguintes características:

- a) Autocontido, modular e exclusivamente identificável. O requisito de modularidade implica que um agente tenha um limite. Pode-se facilmente determinar se algo faz ou não parte de um agente ou é um atributo compartilhado. Os agentes têm atributos que permitem que os agentes sejam distinguidos e reconhecidos por outros agentes.
- b) Autônomo e autodirigido. Um agente pode funcionar independentemente em seu ambiente e em suas interações com outros agentes, geralmente a partir de uma gama limitada de situações que são de interesse no modelo; e que se referem ao comportamento de um agente como a representação de um processo que liga a percepção do ambiente, às suas decisões e ações.
- c) Social. Um agente é social, tendo interações dinâmicas com outros agentes que influenciam seu comportamento. Os agentes possuem protocolos para interação com outros agentes, como comunicação, movimentação e contenção de espaço, capacidade de responder ao ambiente.
- d) Um agente pode ser adaptativo, por ter regras ou mecanismos mais abstratos que modifiquem seus comportamentos, ou seja, pode ter a capacidade de aprender e adaptar seus comportamentos com base em suas experiências acumuladas.

Em um modelo baseado em agente, tudo associado a um agente é um atributo ou um método do agente. Os atributos do agente podem ser estáticos, quando não podem ser alterados durante a simulação; ou dinâmicos, quando variam à medida que a simulação avança.

A modelagem baseada em agente preocupa-se em modelar relacionamentos e interações de agentes. Os dois principais problemas de modelagem de interações de agentes são especificar quem está, ou poderia estar conectado a quem e quais os mecanismos da

dinâmica das interações. Ambos os aspectos devem ser abordados no desenvolvimento de modelos baseados em agentes. Sistemas baseados em agentes são sistemas descentralizados, não existe uma autoridade central que empurre as informações disponíveis para todos os agentes ou controle seu comportamento para otimizar o desempenho do sistema (MACAL e NORTH, 2010).

Os agentes geralmente interagem com um subconjunto de outros agentes, denominados vizinhos que geralmente mudam rapidamente à medida que a simulação avança e os agentes se movimentam pelo espaço. A maneira como os agentes são conectados uns aos outros é geralmente denominada topologia ou conectividade. Topologias típicas incluem uma grade espacial ou rede de nós (agentes) e links (relacionamentos) (CASTI, 1997).

Um dos principais fatores que permitiram o crescimento da modelagem baseada em agentes, foi a criação de diversas plataformas que nos últimos anos tornaram a modelagem baseada em agentes mais fácil e atrativa para os diferentes campos de investigação. Em geral existem dois tipos de sistemas disponíveis para o desenvolvimento de modelos baseados em agentes: *toolkits* e *softwares*. As *toolkits* fornecem um *framework* conceitual que permite organizar e projetar modelos baseados em agentes por meio de bibliotecas de *software* que incluem rotinas e funcionalidades projetadas especificamente para modelagem baseada em agente. A utilização de *toolkits* reduz a carga de trabalho com a programação de partes que não são específicas da modelagem/simulação, tais como: interfaces gráficas com usuário *Graphical User Interface* - GUI, importação e exportação de dados, visualização e exibição do modelo. Porém, apresenta como desvantagens o grande esforço inicial para compreender como implementar modelos e entender a linguagem de programação utilizada pelo *toolkit*. As ferramentas Swarm e Repast são exemplos de *toolkits*, enquanto o NetLogo, é um exemplo de *software* (CASTLE e CROOKS, 2006).

A ciência social computacional é um campo emergente que combina modelagem e simulação com a ciência social. Modelos baseados em agentes foram desenvolvidos nos campos da economia, sociologia, antropologia e ciência cognitiva para investigar fenômenos que não podem ser facilmente modelados utilizando outras abordagens. Em 1978 Schelling desenvolveu um modelo de segregação habitacional em que os agentes representam proprietários e vizinhos, e as interações entre agentes representam as percepções dos agentes sobre seus vizinhos. Schelling mostrou que os padrões de segregação da habitação podem emergir que não são necessariamente implícitos ou consistentes com os objetivos dos agentes individuais (MACAL e NORTH, 2010).

Epstein e Axtell (1996) estenderam a noção de modelagem de pessoas para o crescimento de sociedades artificiais inteiras por meio da simulação baseada em agentes no modelo *Sugarscape* baseado em *grid*. Agentes de *Sugarscape* surgiram com uma variedade de características e comportamentos, altamente sugestivos de uma sociedade realista, embora rudimentar e abstrata.

Os modelos baseados em agentes de muitos sistemas consistem em uma mistura de componentes físicos (modelados como agentes) e agentes sociais, denominados sistemas "sócio técnicos". Exemplos de tais sistemas para os quais modelos em larga escala baseados em agentes foram desenvolvidos incluem tráfego, controle de tráfego aéreo, comando e controle militar e operações centradas em redes, infraestruturas físicas e mercados, tais como energia elétrica e mercados de energia integrados (MACAL e NORTH, 2010).

A modelagem baseada em agentes pode ser feita usando um *software* ou linguagens de programação de uso geral, ou pode ser feito usando *softwares* específicos.

As planilhas, como o Microsoft Excel, oferecem, em muitos aspectos, a abordagem mais simples para modelagem. É mais fácil desenvolver modelos com planilhas do que com muitas outras ferramentas, mas os modelos resultantes geralmente permitem uma diversidade limitada de agentes, restringem os comportamentos dos agentes e apresentam baixa escala em comparação com as outras abordagens (MACAL e NORTH, 2010).

Sistemas matemáticos computacionais, como o MATLAB e o Mathematica, também podem ser usados com bastante sucesso. No entanto, esses sistemas não fornecem recursos específicos para modelagem de agentes (MACAL e NORTH, 2010).

Linguagens de programação como Python, Java e C++, e C também podem ser usadas, mas o desenvolvimento a partir do zero pode ser custoso, pois isso exige em muitos casos o desenvolvimento de serviços disponíveis e fornecidos por ferramentas especializadas de modelagem de agentes (MACAL e NORTH, 2010).

A logística humanitário é uma área complexa de estudo e, portanto, requer métodos complexos de modelagem, como modelagem baseada em agentes. Como uma ferramenta de modelagem relativamente nova para o campo humanitário, há muitas facetas onde a modelagem baseada em agentes pode ser aplicado, incluindo a coordenação em relação à localização de instalações. Nesse contexto, a modelagem baseada em agentes é mais prática do que as escolhas tradicionais de modelagem, como a otimização; pois pode explicar diretamente a natureza muitas vezes imperfeita dos tomadores de decisão autônomos. Ao

modelar agentes que possuem comportamento e estratégias individuais, o comportamento emergente pode ser observado em escala global. Assim como a modelagem baseada em agentes é usada no domínio da saúde pública para reportar a tomada de decisões, os resultados poderiam potencialmente ser usados para influenciar futuras decisões ou políticas de coordenação no setor humanitário (MENTH e STAMM, 2015).

Menth e Stamm (2015) apresentam um modelo em que os agentes são as organizações envolvidas no esforço de resposta. Os agentes decidem com qual organização eles coordenarão, bem como onde e quando operar uma instalação.

1.13 Plataformas de Simulação Baseadas em Agente - SBA

Para Allan (2010) as plataformas mais populares para simulação baseada em agentes são: Swarm, Repast e Mason e NetLogo.

O *Swarm* foi a primeira ferramenta de *software* reutilizável criada para modelagem e simulação baseadas em agentes. Foi desenvolvido no Instituto de Santa Fé em 1994 e foi especificamente projetado para aplicações de vida artificial e estudos de complexidade. O *Swarm* foi originalmente desenvolvido para simulação multiagente de sistemas adaptativos complexos. O conceito chave do *Swarm* é o conceito de que o *software* deve implementar um modelo e, separadamente, fornecer um laboratório virtual para observar e conduzir experimentos no modelo.

Recursive Porous Agent Simulation Toolkit – RePast é um kit de ferramentas de simulação e modelagem baseado em agentes, gratuito e de código aberto. Foi desenvolvido no Laboratório de Computação de Pesquisa em Ciências Sociais da Universidade de Chicago especificamente para criar simulações baseadas em agentes em Ciências Sociais. É muito semelhante ao Swarm, tanto em filosofia quanto em aparência e, da mesma forma, fornece uma biblioteca de código para criar, executar, exibir e coletar dados de simulações. De fato, foi inicialmente uma recodificação Java do Swarm. O desenvolvimento do Repast parece ter sido impulsionado por vários objetivos. O Repast também foi claramente destinado a apoiar um domínio, a Ciência Social, em particular, e inclui ferramentas específicas para esse domínio. O objetivo adicional de tornar mais fácil para os usuários inexperientes construir

modelos foi abordado de várias maneiras pelo projeto RePast. Essas abordagens incluem um modelo simples integrado e interfaces pelas quais menus e código Python podem ser usados para iniciar a construção do modelo. O RePast é codificado em Java e desenvolver uma simulação idealmente requer a capacidade de programar em Java.

O MASON foi projetado como uma alternativa menor e mais rápida ao Repast, com um foco claro em modelos exigentes em computação com muitos agentes executados em muitas iterações. O MASON é um kit de ferramentas de simulação multiagente de evento discreto rápido e fácil de expandir em Java. Ele foi projetado para servir como base para uma ampla gama de tarefas de simulação de vários agentes, desde robótica até aprendizado de máquina até ambientes de complexidade social. Ele contém uma biblioteca de modelos e um conjunto opcional de ferramentas de visualização em 2D e 3D. O sistema é de código aberto e gratuito e é um esforço conjunto do Departamento de Ciência da Computação da Universidade George Mason e do Centro Universitário George Mason para a Complexidade Social, daí seu nome.

O *software* NetLogo foi criado Uri Wilensky, baseado na linguagem de programação Logo, desenvolvida por Seymour Papert em 1967. É um sistema de modelagem baseada em agentes que permite aos usuários projetar e criar simulações de fenômenos naturais e sociais e avaliar o seu comportamento nesses cenários sob várias condições. Esta ferramenta é particularmente adequada para modelar sistemas complexos que se desenvolvem ao longo do tempo. O programa é livre, gratuito e está disponível no seu site web (WILENSKY, 1999).

O NetLogo é um ambiente de modelagem programável para explorar comportamento de sistemas descentralizados e sistemas complexos. É particularmente bem situado para modelagem de sistemas complexos desenvolvidos no decorrer do tempo.

Castle e Crooks (2006) apresentam comparações entre as plataformas citadas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação entre plataformas de simulação

	SWARM	MASON	REPAST	NETLOGO
Política de licenciamento	Open Source	Open Source	Open Source	Open Source
Sistema Operacional	Windows, Linux, Unix, Mac OSX	Windows, Linux, Unix, Mac OSX	Windows, Linux, Unix, Mac OSX	Windows, Linux, Unix, Mac OSX

Curva de aprendizagem	Lenta	Lenta	Lenta	Rápida
Modelos disponíveis	Sim	Sim	Sim	Sim
Tutoriais/ Documentação	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Adaptado de Castle e Crooks (2006)

O Netlogo possui um interface gráfica e de desenvolvimento muito intuitivo permitindo que utilizadores iniciados e experientes trabalhem sem dificuldades (CASTLE e CROOKS, 2006). Com base na relação entre as necessidades da simulação e as características das ferramentas apresentadas o Netlogo, é a ferramenta utilizada nessa dissertação.

2 MÉTODO

Este capítulo apresenta os aspectos relacionados à metodologia de pesquisa adotada, detalhando as etapas da pesquisa, as técnicas e ferramentas usadas em cada etapa.

Para Silva e Menezes (2005) pesquisar consiste em procurar respostas para indagações e problemas propostos.

Segundo Gil (1999) a descoberta de respostas e a geração de um novo conhecimento ocorre por meio da aplicação de metodologia científica.

Marconi e Lakatos (2003) destacam a pesquisa como um procedimento formalizado com o objetivo de se conhecer a realidade ou descobrir verdades parciais e para isso se utiliza de um método de pensamento reflexivo, com um tratamento científico.

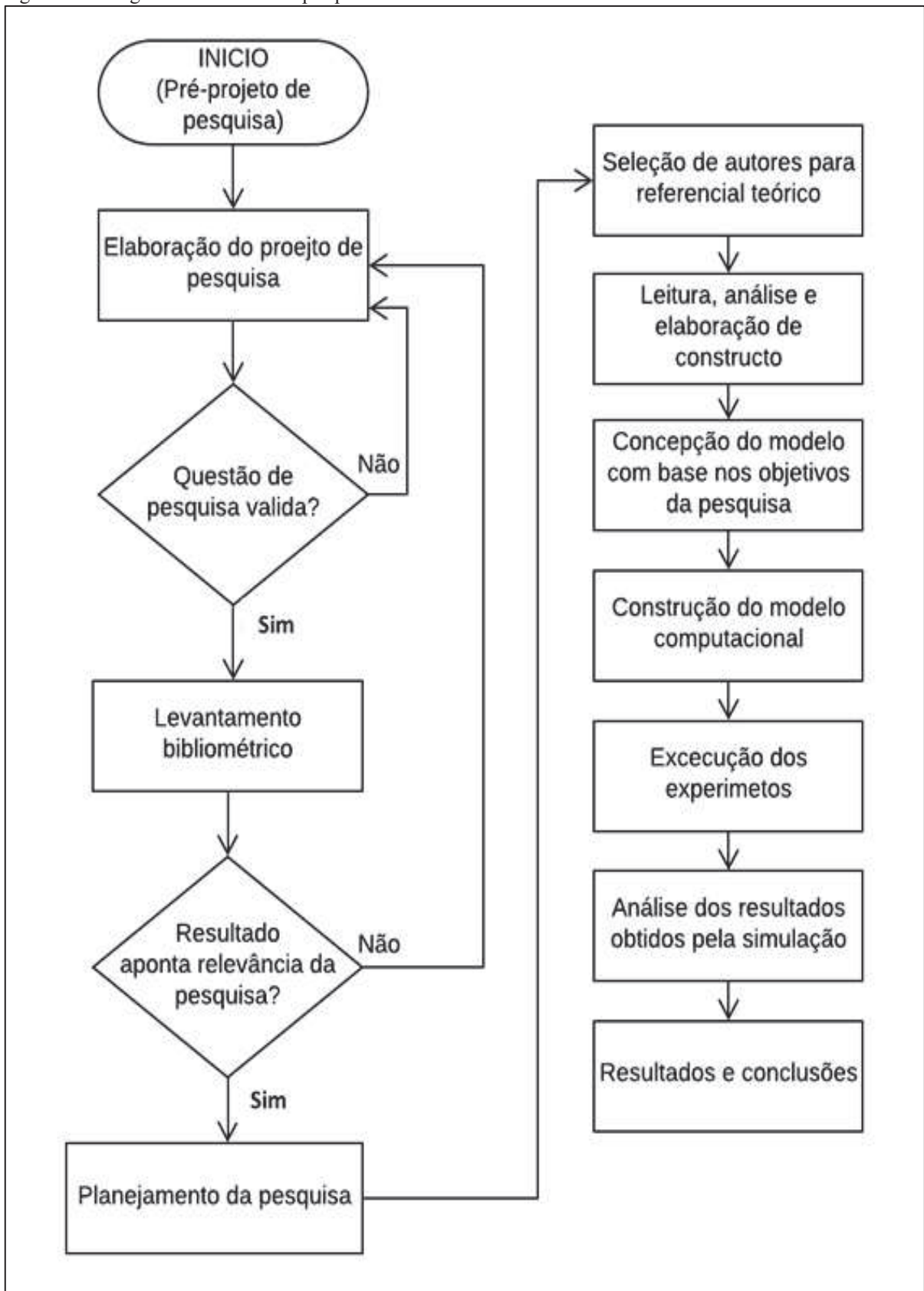
Os métodos de pesquisa mais apropriados, na área de Engenharia de Produção, para conduzir uma pesquisa quantitativa são: pesquisa de avaliação (*survey*); modelagem/simulação; experimento; quase-experimento; estudo de caso e pesquisa-ação (MORABITO NETO e PUREZA, 2012).

Para Bertrand e Fransoo (2002) a simulação deve ser usada quando se deseja prever o efeito de mudanças no sistema ou avaliar seu desempenho ou comportamento, é utilizada na resolução de problemas reais.

Já para Morabito Neto e Pureza (2012) a utilização de modelos permite compreender melhor um determinado ambiente, identificar problemas, desenvolver estratégias e oportunidades, apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões.

O método utilizado para atingir os objetivos desta pesquisa é estabelecido pelas etapas apresentadas no fluxograma da Figura 8.

Figura 8: Fluxograma do método de pesquisa



Fonte: A autora

2.1 Análise Bibliométrica

Uma revisão da literatura anterior é uma característica essencial de qualquer projeto acadêmico. Uma revisão eficaz cria uma base sólida para o avanço do conhecimento, facilita o desenvolvimento da teoria, pois mostra áreas onde existem grande número de pesquisas e descobre áreas onde são necessárias novas pesquisas (WEBSTER e WATSON, 2002).

A bibliometria é uma metodologia quantitativa que tem aplicações em diversas áreas do conhecimento e tem como objetivo avaliar tendências e investigar a característica das publicações, ou seja, avaliação real da produção científica (GUEDES e BORSCHIVER, 2005).

O termo bibliometria foi utilizado pela primeira vez em 1922 por E. Wyndham Hulme, com o propósito de avaliar tendências e investigar características das publicações; ou seja: avaliação real da produção científica, por meio de uma metodologia quantitativa que tem aplicações em diversas áreas do conhecimento (GUEDES e BORSCHIVER, 2005)

A bibliometria é regida por três leis clássicas, a Lei de Lotka, que analisa a produtividade dos autores, a Lei de Bradford, que analisa a produtividade de periódicos, e a Lei de Zipf, que analisa a frequência da ocorrência de palavras (ARAÚJO, 2006). Com aplicações em diversas áreas com o objetivo de aumentar o desempenho de pesquisas ou avaliar suas tendências, investigando as características das publicações, como: autoria, fontes de pesquisa, temas, origens geográficas, citações e cocitações (WATANUKI *et al.*, 2014).

Para Araújo (2006) outro aspecto relevante da bibliometria está relacionado com a obsolescência e ciclo de vida do tema, incluindo as publicações que são consideradas clássicas, ou seja, aquela que sobrevive a ação do tempo até as publicações de vida curta.

2.1.1 Definição de palavras-chave e operadores booleanos

Inicialmente, foram definidas e selecionadas as palavras-chave com base na necessidade de se avaliar os estudos no campo da logística humanitária, com ênfase na cadeia de suprimento das operações de ajuda, a evacuação de pessoas e a utilização do *software* de simulação NetLogo. Desta forma, foram definidas as seguintes palavras-chave:

“*Humanitarian*”, “*Logistics*”, “*Disaster*”, “*Supply Chain*”, “*Evacuation*” e “*Netlogo*” “. Com o intuito de abranger a maior quantidade de trabalhos no campo de estudo em questão, foi definida a seguinte combinação das palavras-chave escolhidas: (“*Humanitarian*” AND “*Logistics*”) OR (“*Disaster*” AND “*Logistics*”) OR (“*Supply Chain*” AND “*Disaster*”) OR (“*Humanitarian*” AND “*Netlogo*”) OR (“*Disaster*” AND “*Netlogo*”) OR (“*Supply Chain*” AND “*Netlogo*”) OR (“*Logistics*” AND “*Netlogo*”) OR (“*Evacuation*” AND “*Netlogo*”).

A coleta de dados foi realizada na base científica *Web of Science*, acessada em janeiro de 2019. Esta base conta com dados de trabalhos de vários países, em várias áreas do conhecimento científico. A escolha por esta base de dados foi feita pela facilidade de acesso e simplicidade na importação de dados o Microsoft Excel, para representação gráfica dos resultados.

A busca foi realizada utilizando o campo *Tópico*, que recupera documentos que contenham a expressão de busca no título, *abstract* e palavras-chave. Escolheu-se no “campo – Pesquisa” o termo “Principal Coleção do Web of Science”. Para refinamento dos resultados encontrados, foram aplicados os filtros: tipo de documento: “*ARTICLE* e “*PROCEEDINGS PAPER*”, “ano: 2000 a 2018”.

A coleta de dados foi realizada por meio da base Web of Science, base multidisciplinar formada por inúmeros periódicos com alto fator de impacto, além de apresentar bons recursos para recuperar e tratar as informações. Utilizando as palavras-chave selecionadas o total de publicações foi de 1.302 publicações.

Após o levantamento dos dados numéricos, escolheu se as publicações mais relevantes que foram analisados na íntegra. As 20 publicações mais citadas foram selecionadas e utilizadas para compor esta pesquisa.

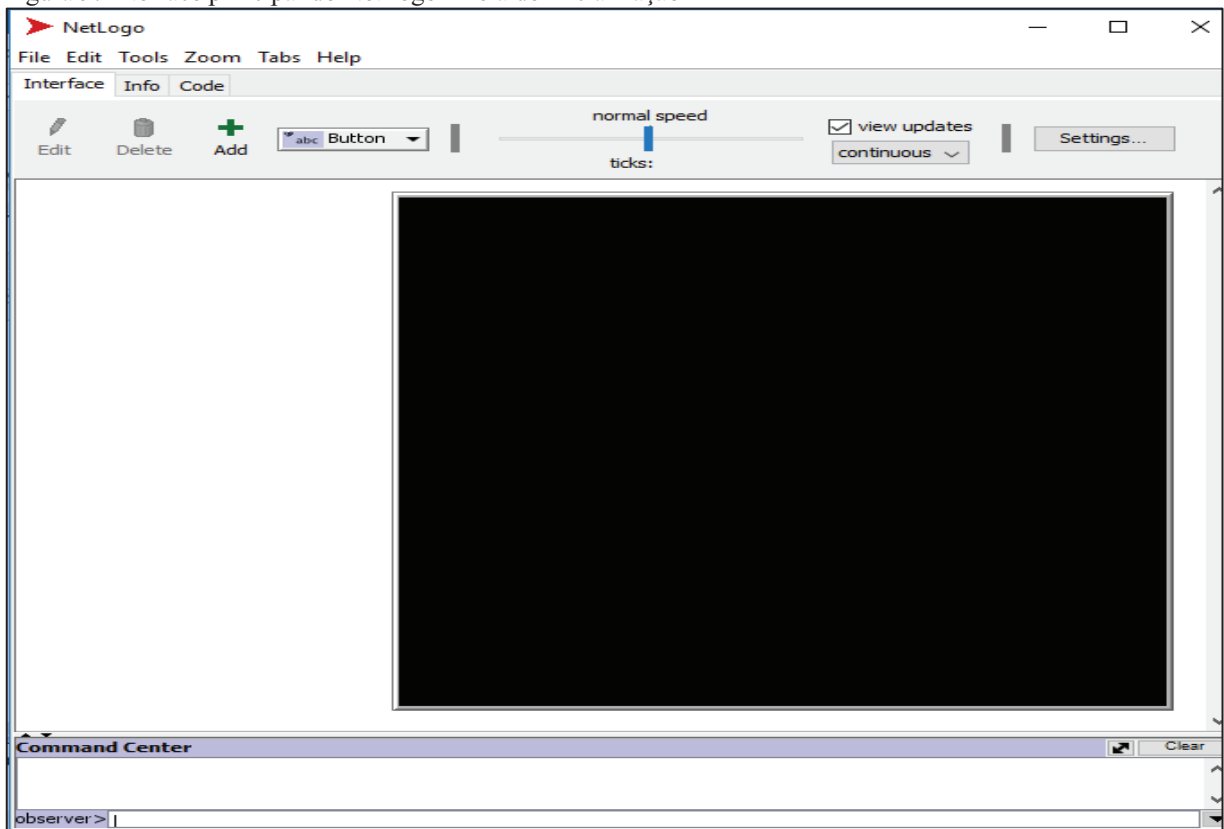
2.2 Desenvolvimento do modelagem e simulação

O ambiente NetLogo é composto de três tipos de agentes: *Observer* (observador e criador), *turtles* (agentes móveis) e *patches* (agentes estacionários). O mundo NetLogo; ou seja, o ambiente onde os agentes vivem é definido por uma grade formada pelos agentes estacionários (*patches*) onde os agentes móveis (*turtles*) se movem. É possível criar um

número ilimitado de agentes e variáveis. O ambiente oferece um vasto vocabulário de primitivas.

O NetLogo pode ser visto como um ambiente de autoria que possibilita a criação de botões, *plots*, monitores, caixas de texto, monitoramento e inspeção de agentes, exportação de dados entre outros, disponíveis na interface gráfica para serem incorporados aos modelos. Quando o NetLogo é iniciado, a Interface principal é apresentada, conforme mostra a Figura 9. Nesta janela é possível visualizar a execução dos modelos de simulação baseada em agentes.

Figura 9: Interface principal do NetLogo - Tela de inicialização



Fonte: Tela do NetLogo

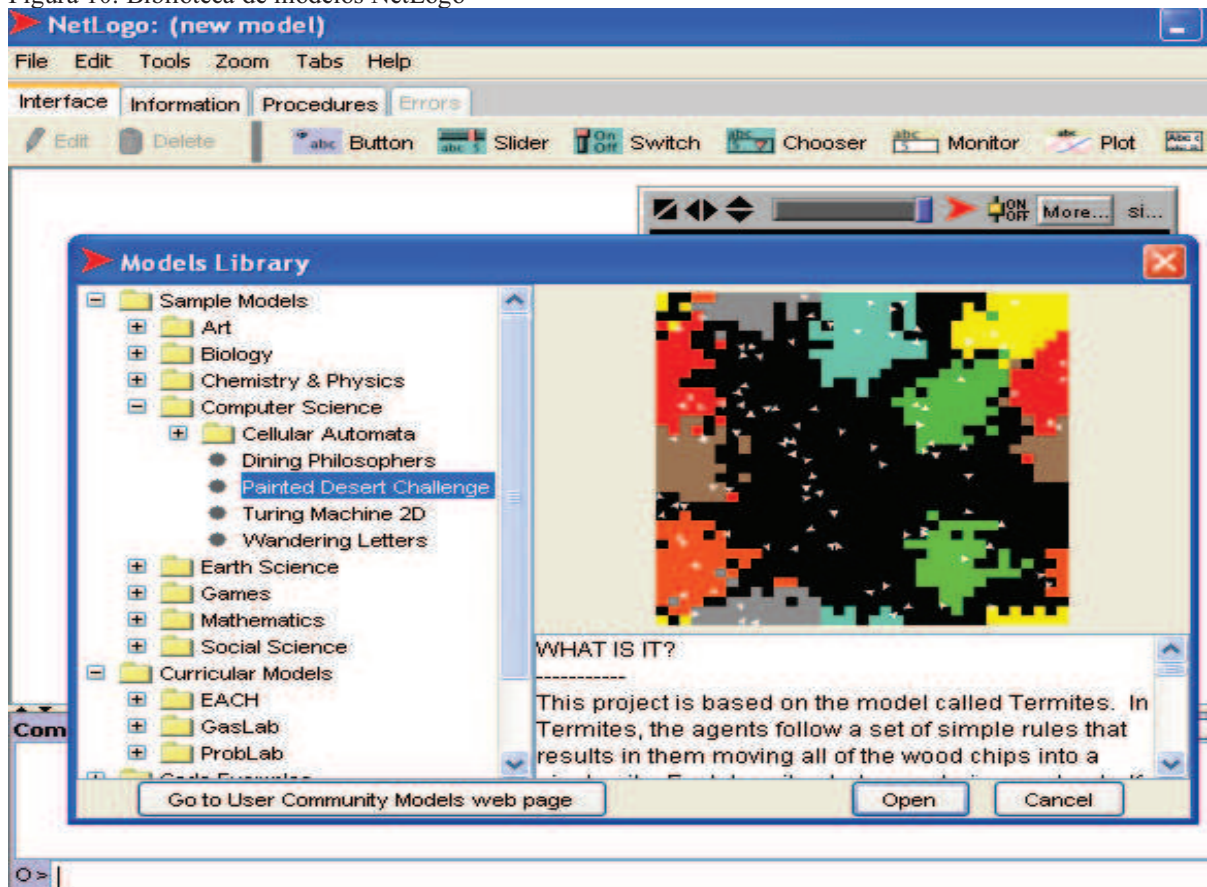
A janela inicial apresenta um modelo vazio para possibilitar a criação de um novo modelo ou recuperar um já iniciado (opções disponíveis na aba de ferramentas – *File*). O NetLogo vem equipado com uma biblioteca contendo vários modelos classificados por áreas que podem ser acessados e modificados.

Para analisar um modelo pronto, basta abrir a biblioteca de modelos, selecionando o menu *File*, opção *Models Library*, que abre uma nova janela, onde é disponibilizado uma

relação de modelos em várias áreas (arte, biologia, química, ciência da computação, ciências da terra, entre outros). Cada modelo da biblioteca traz instruções sobre o mesmo, qual seu objetivo, como utilizar e o que pode ser observado.

Para visualizar algum modelo, basta selecioná-lo para que este fique pronto para execução. É interessante, antes da execução, ler a pasta de informação para saber como o modelo funciona, suas características, como usar; o que pode ser observado na **Figura 10**.

Figura 10: Biblioteca de modelos NetLogo



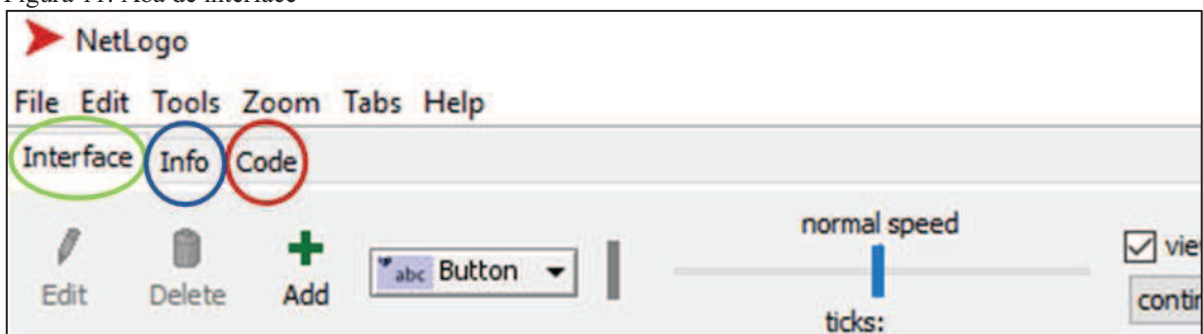
Fonte: Tela do NetLogo

Geralmente os modelos apresentam dois botões básicos: botão *setup*, que é utilizado para iniciar o modelo; e o botão *go*, para que o modelo seja executado. Se tiver sido selecionada a opção *forever*, as instruções associadas com o botão são executadas repetidamente, caso contrário são executadas uma única vez, com um clique. Os modelos podem trazer também botões de controle e visualização de parâmetros e informações (*Slider*, *Switch*, *Chooser*, *Monitor*, *Plot*, *Output* e *Text*)

Para visualizar algum modelo, basta selecioná-lo para que este fique pronto para execução. É interessante, antes da execução, ler a pasta de informação para saber como o modelo funciona, suas características, como usar, o que pode ser observado.

O NetLogo emprega uma interface gráfica com usuário, que contém três guias: Interface, Informações e Código ou Procedimentos, conforme Figura 11. A aba de interface é essencialmente um editor visual no qual o programador pode criar e editar elementos gráficos, onde o conteúdo é controlado por variáveis globais e métodos especificados na aba *Code*.

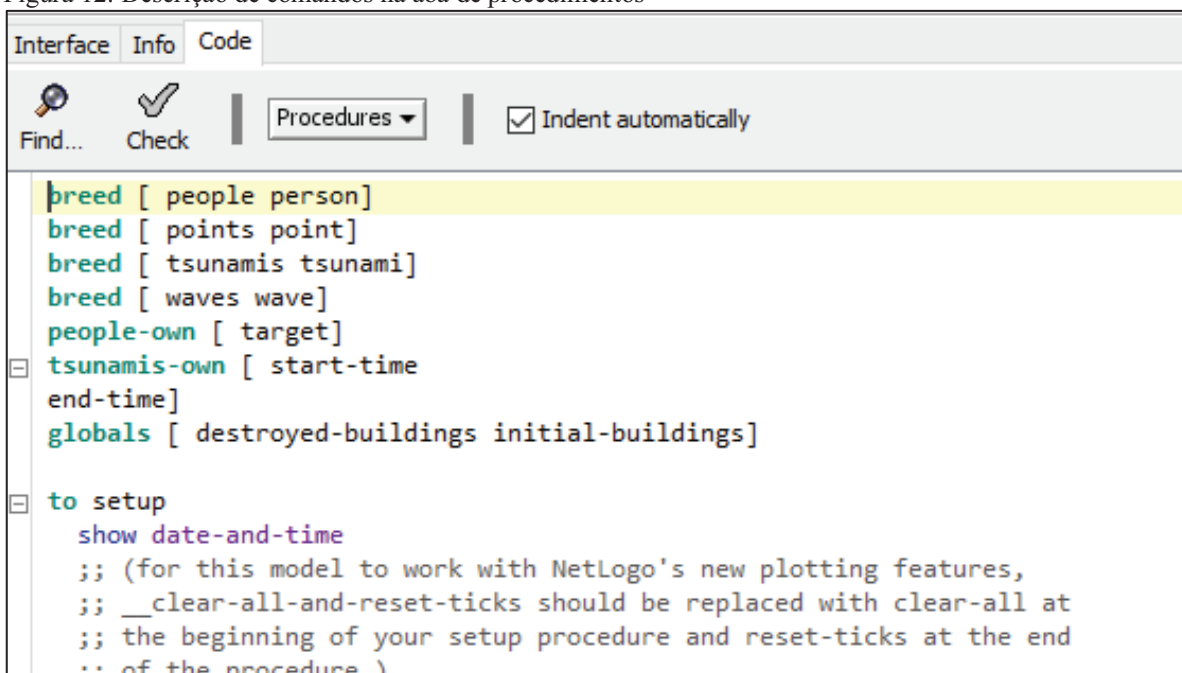
Figura 11: Aba de interface



Fonte: Tela do NetLogo

A aba de *Code* ou *procedures* é o local reservado para se escrever o código do modelo, conforme apresentado na Figura 12. A escrita do código neste local tem a vantagem de permitir que os comandos sejam editados/corrigidos posteriormente. A descrição do código na aba de procedimentos possibilita uma escrita mais organizada do modelo a partir de blocos – procedimentos, além de poder salvar o código e guardá-lo para uso posterior.

Figura 12: Descrição de comandos na aba de procedimentos



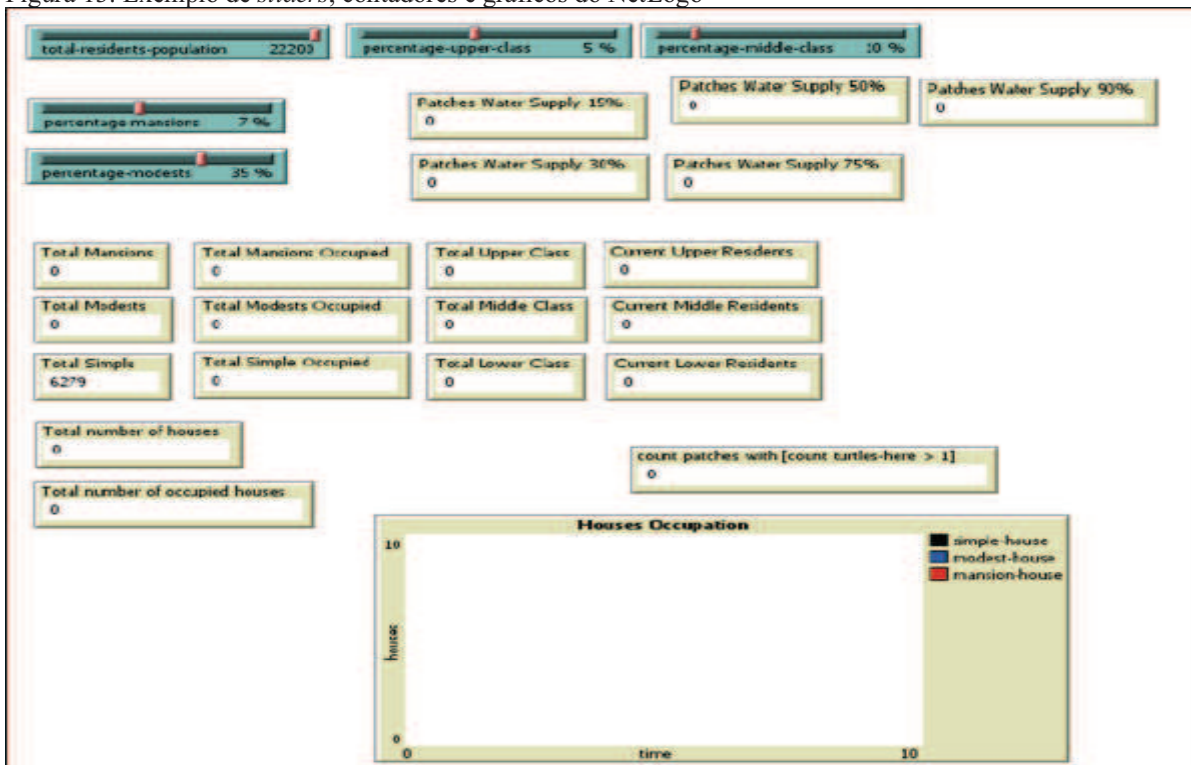
Fonte: Tela do NetLogo

No NetLogo vários elementos são definidos como variáveis, por exemplo, *pcolor* no caso dos *patches* e *xcor*, *ycor*, *heading* e *color* no caso das *turtles*. É possível também criar as próprias variáveis do modelo. Estas podem ser globais, quando representam uma propriedade global do sistema (a quantidade de elementos do modelo), ou podem ser variáveis que só pertencem aos *patches* e que são usadas para representar atributos ou memória de cada um destes (a quantidade de energia existente), ou podem ser variáveis que só pertencem às *turtles* e que representam atributos ou memórias de cada uma destas (o sexo, a idade por exemplo).

O NetLogo possui uma unidade temporal chamada *tick* (período). Um período compreende a unidade de tempo real necessária para que todos os agentes possam executar o seu comportamento ou conjunto de instruções. Os períodos podem ser utilizados pelo usuário para definir, por exemplo, quando um novo agente deve ser introduzido no modelo assim como quaisquer outras condições que dependam da passagem do tempo para serem executadas.

A ferramenta suporta a criação de componentes gráficos embutidos na implementação, demonstrados na Figura 13, que permitem a utilização de parâmetros. Estes componentes também permitem a criação de gráficos e contadores em tempo real da situação do modelo.

Figura 13: Exemplo de *sliders*, contadores e gráficos do NetLogo



Fonte: Tela do NetLogo

Apesar de haver suporte à utilização de parâmetros, ele é bem simplificado, em termos gráficos, basicamente se resume a utilização de botões para indicar o estado de alguma configuração e *sliders* para definir quantidades.

Além dessas, as *turtles* apresentam as seguintes propriedades exclusivas:

- *breed*, espécie a que pertence (o padrão é *turtles*);
- *heading*, direção para a qual está apontada (valor entre *0.0* e *360.0*);
- *hidden?*, indica se a *turtle* está invisível (*true*) ou visível (*false*);
- *pen-down?*, indica se caneta da *turtle* está ativa (*true*) ou inativa (*false*);
- *shape*, nome da forma aparente da *turtle* (o padrão é “*default*”);
- *size*, tamanho aparente da *turtle* (o padrão é *1.0*, que equivale ao tamanho de um *patch* corrente);
- *who*, identificador numérico e único de cada *turtle* (ao criar as primeiras 20 *turtles*, *who* varia de 0 a 19); uma *turtle* específica pode ser identificada através do valor numérico de sua propriedade *who*.

Para limpar a tela e reiniciar a execução usamos o comando *clear-all* (ou *ca*), que elimina simultaneamente todas as *turtles* e *patches* existentes. Existem outros comandos

relacionados a esse, são eles: *clear-turtles (ct)*, *clear-patches (cp)*, *clear-drawing*, *clear-all-plots* e *clear-output*.

2.2.1 Desenvolvimento do modelo de simulação Cadeia de Suprimentos

Este modelo especificamente tem a função de simular o gerenciamento de estoque de uma cadeia de suprimentos, ele se encontra disponível na biblioteca de modelos do NetLogo e apresenta três funções: fornecedor, distribuidor e varejista.

O fornecedor apresenta oferta ilimitada e o número de distribuidores e varejistas podem ser alterados. O modelo gera automaticamente uma demanda diária para cada varejista. Os varejistas fazem pedido para os distribuidores e os distribuidores fazem pedido para o fornecedor.

O modelo apresenta diversas variáveis porém para esta pesquisa as variáveis/parâmetros utilizadas são:

1. Número de Distribuidores
2. Número de Varejistas
3. *Lead Time* fornecedor – distribuidor: número de dias de atraso de fornecimento entre o fornecedor e o (s) distribuidor (es)
4. *Lead Time* distribuidor – varejista: número de dias de atraso no fornecimento entre o (s) distribuidor (s) e o (s) varejista(s).
5. Estoque inicial do(s) distribuidor(es)
6. Estoque inicial do(s) varejista(s)
7. *Record-length*: quantos históricos de demanda do dia recente serão mantidos em registro.
8. Dias de simulação: para todas simulações o número estipulado foi de 30 dias.

O procedimento para executar esta simulação é primeiramente determinar os valores das variáveis e em seguida pressionar o botão “*SETUP*” e depois pressionar o botão “*GO*” e a simulação será executada. O programa para quando atinge o número de dias de simulação.

2.2.2 *Desenvolvimento modelo de simulação Tsunami*

Evacuação de emergência é o movimento imediato de pessoas longe da ameaça ou ocorrência real de um evento desastroso. Os planos de evacuação de emergência são importantes para garantir o tempo mais seguro e eficiente para evacuar. (NASER e BIRST, 2010). A evacuação é provavelmente o método mais importante e eficaz para salvar vidas humanas circundante (WAFDA, *et al.*, 2013).

O método modelagem baseada em agente é aceito no desenvolvimento de simulação de evacuação de desastres devido a sua característica de agente, que possui a capacidade de se adaptar ao ambiente envolvido (WAFDA, *et al.*, 2013).

A modelagem baseada em agente é definido como um modelo em que indivíduos ou agentes são descritos como entidades únicas e autônomas que interagem entre si e com seu ambiente localmente.

Este é um modelo de evacuação de tsunami disponível online na biblioteca de modelos do NetLogo. Ele mostra o cenário de um desastre natural, um tsunami, onde agentes humanos se movem em direção a um ponto de saída.

O modelo apresenta três variáveis/parâmetros:

1. Número Inicial de Pessoas
2. Número de Pontos de Saída
3. Velocidade do *Tsunami*

O procedimento para executar esta simulação de evacuação por desastre do *tsunami* é primeiramente determinar os valores das variáveis e em seguida pressionar o botão “*SETUP*” e depois pressionar o botão “*GO*” e a simulação será executada.

2.2.3 *Desenvolvimento do modelo de simulação evacuação por trem*

Este é um modelo de simulação de pessoas esperando em uma estação de trem. As pessoas chegam aleatoriamente e são apanhadas periodicamente por um trem, disponível online na biblioteca de modelos do NetLogo. O modelo apresenta três variáveis/parâmetros:

1. Intervalo chegada – trem (segundos)

2. Número de vagões
3. Intervalo de chegada – pessoas (segundos)

O procedimento para executar esta simulação é primeiramente determinar os valores das variáveis e em seguida pressionar o botão “*SETUP*” e depois pressionar o botão “*GO*” e a simulação será executada.

2.2.4 *Desenvolvimento do modelo de simulação edifício*

Evacuar grandes multidões é um desafio sob quaisquer circunstâncias. A evacuação de grandes instalações durante uma emergência ou desastre é uma tarefa muito mais complexa porque o caos e o pânico aumentam ainda mais a incerteza e o estresse em populações de alta densidade. Estudar o comportamento de multidões em emergências é difícil, pois muitas vezes é necessário expor pessoas reais ao ambiente real, possivelmente perigoso. Assim, uma ferramenta de simulação pode servir como uma alternativa viável (ALMEIDA, KOKKINOGENIS e ROSSETTI, 2012).

Existem três razões principais para o desenvolvimento de simulações computacionais para comportamentos de multidões: em primeiro lugar, testar teorias e hipóteses científicas; em segundo lugar, testar estratégias de design e, finalmente, recriar os fenômenos sobre os quais teorizar (BELHAJ, KEBAIR e SAID, 2014).

Este é um modelo de simulação de evacuação de um espaço fechado, disponível online na biblioteca de modelos do NetLogo. O modelo apresenta três variáveis/parâmetros:

1. Número de pessoas;
2. Número de pessoal inicialmente assustadas;
3. Propagação do medo (%) (nível em que o medo se espalha de uma pessoa para outra)

Quando a configuração da simulação é iniciada, os ocupantes são distribuídos dentro da área de interesse. Depois de pressionar o botão “*SETUP*”, a simulação é iniciada e todos os ocupantes do espaço começam a se mover em direção à saída mais próxima. A simulação termina quando todas as pessoas são evacuadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos ao longo da pesquisa com respeito as etapas do método proposto

3.1 Análise Bibliométrica

Nessa seção, são apresentados e discutidos os resultados da análise bibliométrica. A partir dos resultados encontrados foi possível observar que a produção científica teve um aumento significativo no decorrer dos últimos anos. Embora o tema esteja em desenvolvimento com o aumento do número de publicações, ainda é pequeno comparativamente a outras áreas do conhecimento.

A Tabela 2 apresenta o número de publicações por países, onde os principais interessados sobre o tema são China, Estados Unidos, França e Inglaterra. Nos últimos anos esses países têm sido atingidos por desastres naturais e tem sofrido pelos crescentes ataques terroristas, tais eventos podem justificar o crescente interesse, assim como a investigação e/ou avanço de técnicas de reação a desastres originados da logística humanitária. O Brasil a 17ª posição, com a publicação de 14 documentos no período pesquisado.

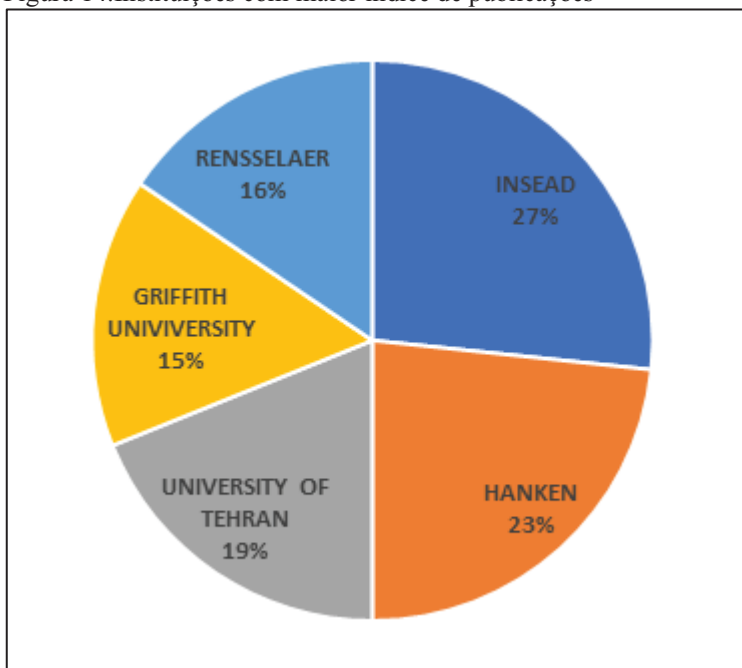
Tabela 2: Publicação por países

Posição	País	Número de publicações
1º	Estados Unidos	331
2º	China	193
3º	França	66
4º	Inglaterra	58
5º	Japão	52
6º	Austrália	51
7º	Alemanha	46
8º	Canadá	43
9º	Irã	43
10º	Turquia	43

Fonte: Adaptados de Web of Science

As instituições que apresentam maior número de publicações podem ser visualizadas na Figura 16. As instituições de destaque são: *Insead Social Innovation Centre* (França, Singapura e Emirados Arábes), *Hanken School of Economics* (Finlândia) e *Rensselaer Polytechnic Institute* (Estados Unidos).

Figura 14: Instituições com maior índice de publicações



Fonte: Adaptados de Web of Science

O INSEAD possui um centro de pesquisas: o *Humanitarian Research Group* – HRG, que tem como objetivo desenvolver técnicas de logística humanitária com as principais áreas de estudo em: cadeia de suprimentos global, impacto ambiental das operações, parcerias multisetoriais, gestão de frotas no setor humanitário (INSEAD, 2019).

A *Hanken School of Economics* em conjunto com outras instituições fundaram o *Humanitarian Logistics and Supply Chain Research Institute* - HUMLOG. O objetivo desse Instituto é pesquisar a área da logística humanitária na preparação para desastres, resposta e recuperação, com a intenção de influenciar as futuras atividades de uma maneira que irá proporcionar benefícios mensuráveis para as pessoas que necessitarem de assistência (HANKEN, 2019).

O *Rensselaer Polytechnic Institute* possui grupos de pesquisas agrupados sob a denominação de *Humanitarian Logistics Research Groups*, que se dedicam ao estudo dos

impactos econômicos e humanos de catástrofes naturais ou provocadas pelo homem. Depois que ocorre um desastre eles se empenham em desenvolver soluções, analisando todos os aspectos necessários para assegurar uma cadeia de suprimento humanitário eficiente (RENSSELAER, 2019)

A publicação com maior número de citações foi: Wassenhove, L.N. (2006). Blackett memorial lecture. ‘Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear’, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57, n.5, pp. 475-89.

3.2 Implementação do modelo de simulação cadeia de suprimentos

A simulação utilizando o modelo da cadeia de suprimentos foi desenvolvido utilizando os parâmetros mostrados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros utilizados na simulação do modelo cadeia de suprimentos

Nº de distribuidores	1	2	
Nº de varejistas	2	4	10
Lead time fornecedor-distribuidor	1	3	5
Lead time distribuidor-varejista	1	3	5
Record length	1	3	5
Estoque inicial varejista	200	400	800
Estoque inicial distribuidor	0	100	200

O modelo gera automaticamente uma demanda diária. É possível observar na Tabela 4 que quando se trabalha com “*record-length*” de 1, na simulação com 1 distribuidor e 2 varejistas, independente do estoque inicial dos distribuidores e com *lead time* de 1 período, a oscilação de demanda diária acaba por zerando os estoques, tanto dos distribuidores, como dos varejistas.

Tabela 4: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	2			2			2		
Lead time fornecedor-distribuidor	1			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	1			1			1		
Record length	1			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	19	21	160	13	14	18	16	17	17
D-1	60	0	0	0	0	25	85	30	40
R-1	0	0	0	20	0	0	0	25	0
R-2	0	0	0	20	0	0	0	25	0

Tabela 5: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	2			2			2		
Lead time fornecedor-distribuidor	3			3			3		
Lead time distribuidor-varejista	3			3			3		
Record length	3			3			3		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	18	24	25	18	23	23	17	17	25
D-1	280	420	70	485	150	170	45	210	70
R-1	0	20	10	30	15	10	15	25	10
R-2	0	20	10	30	15	15	15	25	10

A Tabela 6 mostra que com “*record-length*” de 3, a situação melhora, ou seja, os distribuidores e revendedores conseguem atender as demandas, e terminam o ciclo de simulação com estoque, mesmo aumentando o *lead time* para 3 e 5, conforme mostram as Tabelas 5 e 6.

Tabela 6: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	2			2			2		
Lead time fornecedor-distribuidor	5			5			5		
Lead time distribuidor-varejista	5			5			5		
Record length	3			3			3		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	16	25	27	36	16	14	23	18	27
D-1	2240	590	80	960	200	120	645	200	145
R-1	280	45	15	10	10	15	50	40	30
R-2	330	45	20	10	10	15	50	40	30

Na Tabela 7 é possível observar que a situação se repete com 1 distribuidor e 4 varejistas, ou seja, para “*record-length*” de 1, em alguns episódios a demanda não é atendida, mesmo com *lead time* de 1 dia, tanto para os distribuidores como varejistas.

Tabela 7: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	4			4			4		
Lead time fornecedor-distribuidor	1			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	1			1			1		
Record length	1			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	16	16	16	23	24	23	17	23	24
D-1	76	130	30	18	250	0	20	230	0
R-1	15	10	5	30	5	0	0	0	15
R-2	15	10	5	0	5	0	0	0	15
R-3	15	10	5	0	5	0	0	0	15
R-4	15	10	5	0	5	0	0	0	15

Tabela 8: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	4			4			4		
Lead time fornecedor-distribuidor	3			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	3			1			1		
Record length	3			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	19	23	20	21	24	120	20	18	28
D-1	2170	280	290	445	470	25	326	450	600
R-1	70	20	15	25	30	25	35	5	65
R-2	70	20	15	25	30	25	35	0	65
R-3	70	20	25	25	30	25	35	0	65
R-4	70	20	15	25	30	25	35	0	65

A Tabela 9 mostra que quando se tem um “*record-length*” de 5, o modelo atende mais facilmente a demanda, acredita-se que a partir do histórico (*record-length*) o sistema aprende como se auto gerir pois segundo Vigna (2016), os Sistemas Baseados em Agentes são agentes virtuais que reproduzem as habilidades de cooperação, coordenação e negociação vistas no mundo real, aliados aos seus princípios e capacidade de realizar tarefas com objetivos próprios. Esse tipo de simulação é caracterizado pela existência de muitos agentes interagindo uns com os outros, com pouca ou nenhuma direção centralizada. A propriedade de inteligência emergente desse modelo surge de baixo para cima durante o processo de interação entre os agentes. Esses agentes são as entidades no sistema modelado que podem perceber o ambiente, possuir objetivos e princípios. Ao agir de acordo com esses princípios procuram alcançar esses objetivos e possuem a capacidade de modificar o ambiente.

Tabela 9: : Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	4			4			4		
Lead time fornecedor-distribuidor	5			5			5		
Lead time distribuidor-varejista	5			5			5		
Record length	5			5			5		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	20	22	16	19	23	18	16	21	16
D-1	5050	3120	3130	4400	755	1860	1430	350	280
R-1	470	180	130	220	5	125	40	15	20
R-2	470	180	130	220	10	125	40	15	20
R-3	470	180	130	220	10	125	40	15	20
R-4	470	180	130	220	10	125	40	15	20

A situação fica ainda mais evidente quando se tem 01 distribuidor e 10 varejistas para um “*record-length*” de 1, praticamente se zera o estoque dos revendedores, conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	10			10			10		
Lead time fornecedor-distribuidor	1			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	1			1			1		
Record length	1			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	26	20	23	14	19	28	21	16	0
D-1	45	215	935	345	225	195	150	345	0
R-1	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-2	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-3	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-4	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-5	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-6	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-7	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-8	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-9	0	0	25	0	0	0	15	0	0
R-10	0	0	25	0	0	0	15	0	0

A Tabela 11 mostra que aumentado o “*record-length*” para 3 tanto os distribuidores como os varejistas terminam o ciclo com estoque, ou seja, atendem à demanda.

Tabela 11: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	10			10			10		
Lead time fornecedor-distribuidor	3			3			3		
Lead time distribuidor-varejista	3			3			3		
Record length	3			3			3		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	15	20	18	27	16	27	32	25	24
D-1	8330	2080	2570	7420	1170	0	6230	800	1535
R-1	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-2	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-3	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-4	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-5	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-6	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-7	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-8	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-9	90	70	20	90	40	0	70	25	55
R-10	90	70	20	90	40	0	70	25	55

Para um “*record-length*” de 5 o modelo se torna ainda mais eficiente, pois mesmo com 1 distribuidor e 10 varejistas o ciclo de simulação é finalizado com estoque, ou seja, atendem à demanda diária, conforme mostra a Tabela 12.

Tabela 12: Simulação Cadeia de Suprimentos com 01 distribuidor

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	10			10			10		
Lead time fornecedor-distribuidor	5			5			5		
Lead time distribuidor-varejista	5			5			5		
Record length	5			5			5		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	24	16	16	18	21	20	11	19	22
D-1	14620	9550	8860	2790	8190	6460	13440	2610	555
R-1	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-2	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-3	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-4	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-5	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-6	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-7	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-8	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-9	720	350	340	470	240	220	590	70	35
R-10	720	350	340	470	240	220	590	70	35

O mesmo comportamento é apresentado nas simulações com 2 distribuidores, como é possível observar nas Tabelas de 13 a 21.

Tabela 13: Simulação Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	2			2			2		
Lead time fornecedor-distribuidor	1			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	1			1			1		
Record length	1			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	21	26	12	15	22	29	15	18	20
D-1	55	95	0	100	30	50	190	210	800
D-2	60	100	0	115	209	50	190	625	30
R-1	10	15	0	20	0	5	25	0	0
R-2	10	15	0	20	0	5	25	0	0

Tabela 14: Simulação Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	2			2			2		
Lead time fornecedor-distribuidor	3			3			3		
Lead time distribuidor-varejista	3			3			3		
Record length	3			3			3		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	21	19	18	17	29	12	21	23	18
D-1	75	595	310	230	140	60	730	65	345
D-2	205	20	95	180	140	400	340	795	345
R-1	10	15	25	30	15	15	25	10	20
R-2	10	15	25	30	15	15	25	10	20

Tabela 15: Simulação Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	2			2			2		
Lead time fornecedor-distribuidor	5			5			5		
Lead time distribuidor-varejista	5			5			5		
Record length	3			3			3		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	18	15	13	17	25	10	19	22	24
D-1	715	470	335	410	230	0	315	440	280
D-2	115	235	75	1165	400	0	335	505	280
R-1	30	35	15	45	15	5	35	15	35
R-2	35	25	20	45	15	10	35	15	35

Tabela 16: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	4			4			4		
Lead time fornecedor-distribuidor	1			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	1			1			1		
Record length	1			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	22	21	18	20	20	21	23	21	27
D-1	165	70	280	0	285	130	335	0	155
D-2	0	215	0	0	215	130	70	0	0
R-1	0	5	15	0	5	15	20	0	0
R-2	0	5	15	0	5	15	20	0	0
R-3	0	5	15	0	5	15	20	0	0
R-4	0	5	15	0	5	15	20	0	0

Tabela 17: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	4			4			4		
Lead time fornecedor-distribuidor	3			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	3			1			1		
Record length	3			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	17	20	26	12	16	19	19	16	26
D-1	185	730	995	90	480	100	0	240	135
D-2	770	360	90	90	310	100	335	235	135
R-1	10	45	15	20	30	15	30	30	20
R-2	10	45	15	20	30	15	30	30	20
R-3	10	45	15	20	30	15	30	30	20
R-4	10	45	15	20	30	15	30	30	20

Tabela 18: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	4			4			4		
Lead time fornecedor-distribuidor	5			5			5		
Lead time distribuidor-varejista	5			5			5		
Record length	5			5			5		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	21	14	18	21	17	21	16	20	20
D-1	3010	335	1370	900	0	935	740	100	170
D-2	3160	1085	1210	630	180	235	680	0	170
R-1	20	40	245	40	25	35	30	30	20
R-2	440	40	245	40	25	35	30	25	20
R-3	390	40	245	40	25	35	30	25	20
R-4	360	40	300	40	25	35	30	25	20

Tabela 19: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	2			2			2		
Nº de varejistas	10			10			10		
Lead time fornecedor-distribuidor	1			1			1		
Lead time distribuidor-varejista	1			1			1		
Record length	1			1			1		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	13	16	23	24	17	17	16	21	16
D-1	835	0	195	1320	20	375	360	935	510
D-2	0	755	695	440	50	400	915	935	905
R-1	55	40	40	10	10	20	25	60	45
R-2	55	40	40	10	10	20	25	55	45
R-3	55	40	40	10	10	20	25	50	45
R-4	55	40	40	10	10	20	25	45	45
R-5	55	40	40	10	10	20	25	40	45
R-6	55	40	40	10	10	20	25	35	45
R-7	55	40	40	10	10	20	25	30	45
R-8	55	40	40	10	10	20	25	25	45
R-9	55	40	40	10	10	20	25	20	45
R-10	55	40	40	10	10	20	25	15	45

Tabela 20: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 02 distribuidores

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	10			10			10		
Lead time fornecedor-distribuidor	3			3			3		
Lead time distribuidor-varejista	3			3			3		
Record length	3			3			3		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	25	24	16	14	16	17	22	22	14
D-1	3640	1960	250	1210	1250	1970	1930	900	995
D-2	4570	1300	835	1750	1190	800	2530	1310	1055
R-1	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-2	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-3	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-4	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-5	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-6	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-7	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-8	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-9	120	40	35	30	50	60	70	20	30
R-10	120	40	35	30	50	60	70	20	30

Tabela 21: Simulação da Cadeia de Suprimentos com 2 distribuidores

Nº de distribuidores	1			1			1		
Nº de varejistas	10			10			10		
Lead time fornecedor-distribuidor	5			5			5		
Lead time distribuidor-varejista	5			5			5		
Record length	5			5			5		
Estoque inicial varejista	200			400			800		
Estoque inicial distribuidor	0	100	200	0	100	200	0	100	200
Demanda diária	20	21	18	15	12	23	20	17	25
D-1	6960	4310	4080	5920	2350	3450	2590	2130	455
D-2	5950	3760	4710	6570	1180	3450	2420	660	935
R-1	12	200	110	550	60	250	170	20	15
R-2	620	200	110	550	60	250	170	20	15
R-3	620	200	110	550	60	250	170	20	15
R-4	620	200	110	550	60	250	170	20	15
R-5	620	200	110	280	60	250	170	20	15
R-6	620	200	110	280	60	250	170	20	15
R-7	620	200	110	280	60	250	170	20	15
R-8	620	200	110	280	60	250	170	20	15
R-9	620	200	110	280	60	250	170	20	15
R-10	620	200	110	280	60	250	170	20	15

O modelo é interessante pois se utiliza de conceitos de Inteligência para o aprendizado do sistema, ou seja, a partir do número de 1, 3 e 5 de “*record-length*” o modelo consegue enfrentar a demanda diária (gerada automaticamente). Outro fato interessante neste modelo é que ele apresenta uma função lucro (não foi utilizada) em função do suprimento da demanda; ou seja: tanto maior é o lucro, quanto melhor for o atendimento da demanda diária, ou ainda, da gestão dos estoques para atendimento da demanda.

3.3 Implementação do modelo de simulação de evacuação de *Tsunami*

As simulações foram realizadas utilizando parâmetros de velocidade relativa de 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 e 2, em escala própria do modelo que representa aumentos percentuais em relação a velocidade 1. A Tabela 22 mostra os parâmetros utilizados na simulação. Para os parâmetros utilizados foram realizadas três simulações. Todos os resultados da simulação são apresentados no Apêndice A.

Tabela 22: Parâmetros utilizados na simulação do modelo de evacuação *Tsunami*

Número inicial de pessoas	2000	4000	6000	8000	12000	14000	16000
Número de saídas	2	4	6	8	10		
Velocidade do <i>Tsunami</i>	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	

As diferentes simulações estabeleceram padrões de comportamento que podem ser visualizados nas Figuras de 15 a 20, onde foram construídos gráficos dos resultados de simulação nas velocidades 1 e 2.

Figura 15: Simulação do modelo *Tsunami* com 2 saídas

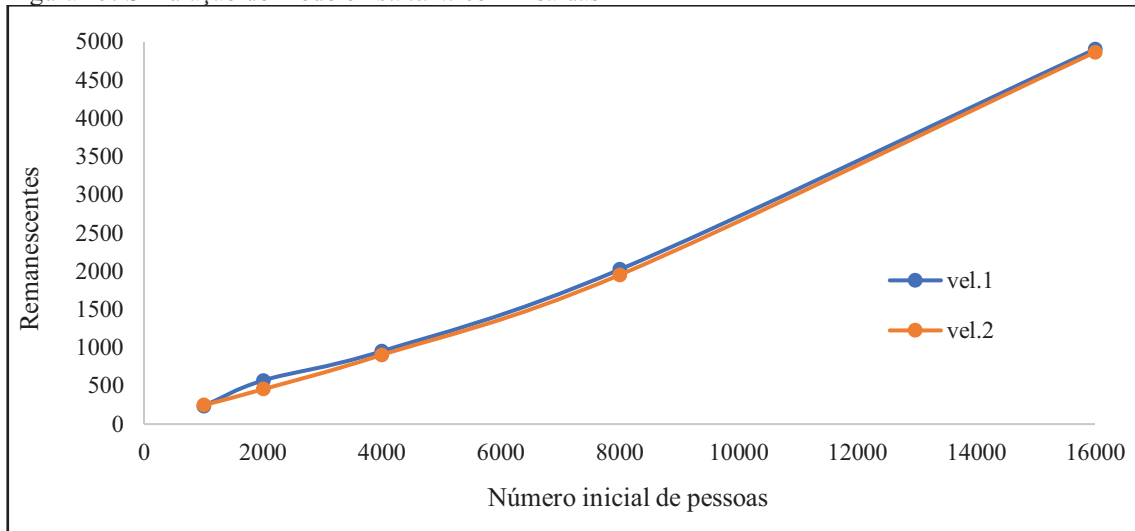


Figura 16: Simulação do modelo *Tsunami* com 4 saídas

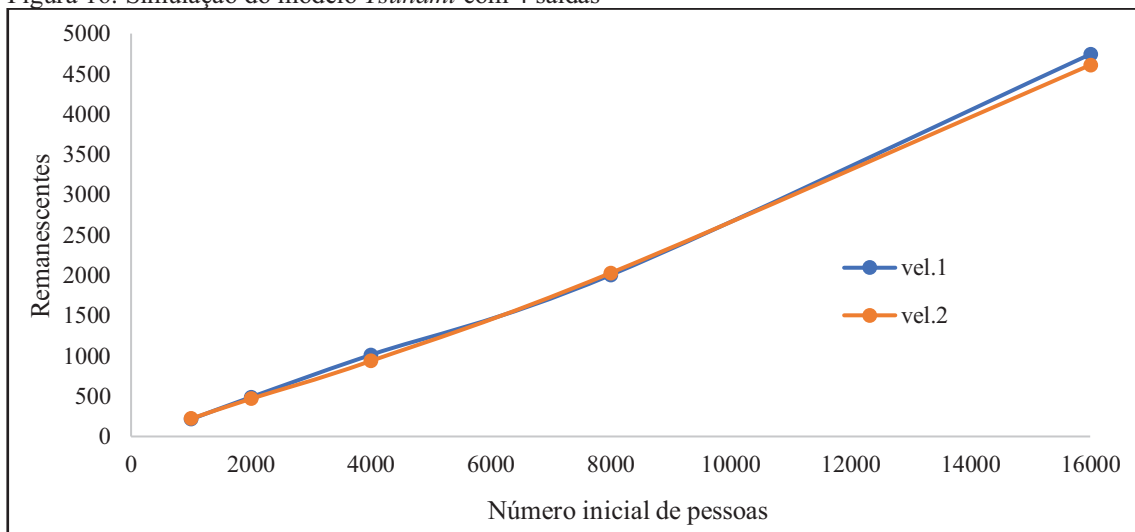


Figura 17: Simulação do modelo *Tsunami* com 6 saídas

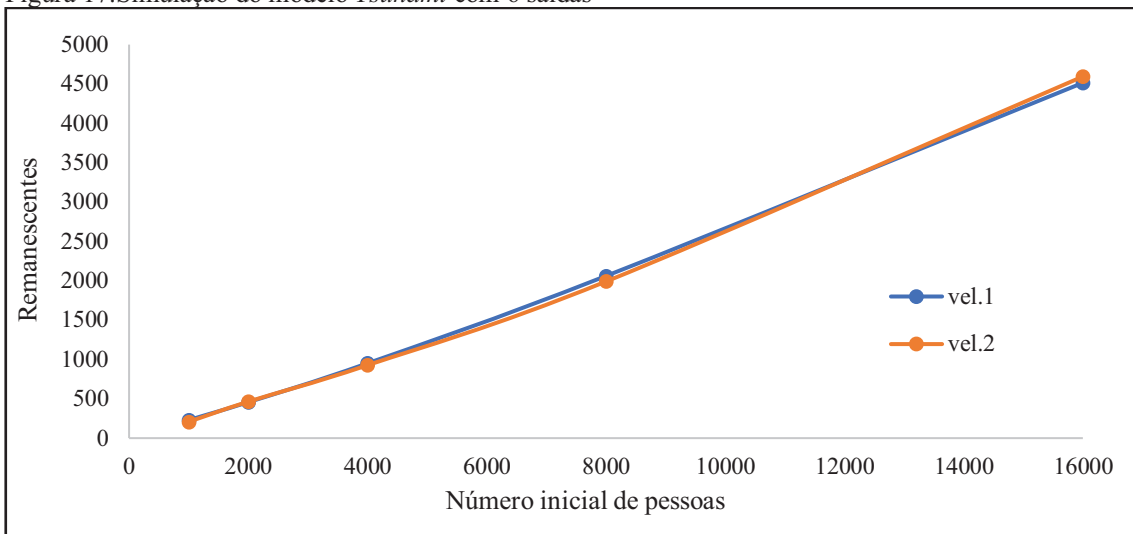


Figura 18: Simulação do modelo *Tsunami* com 8 saídas

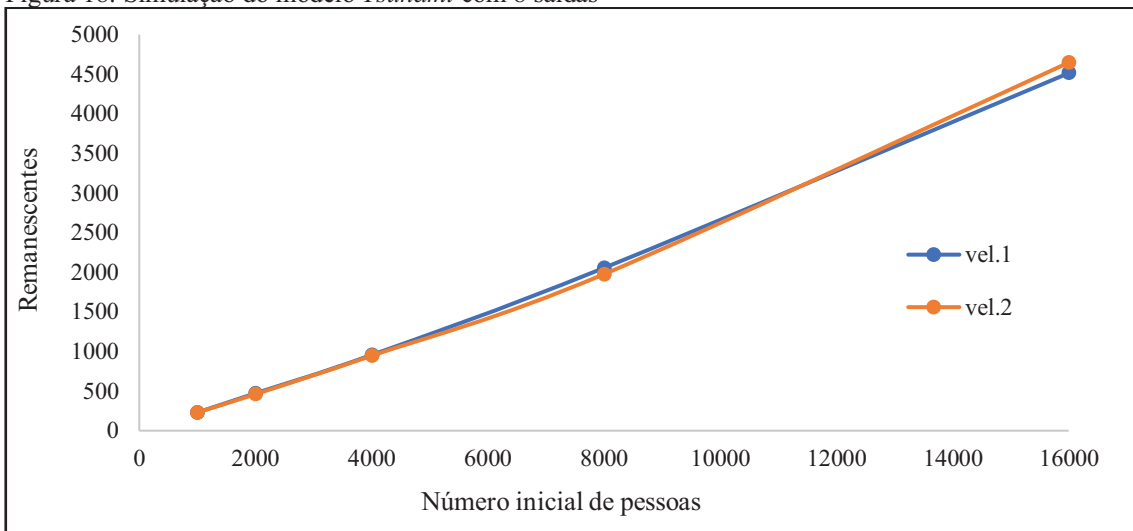
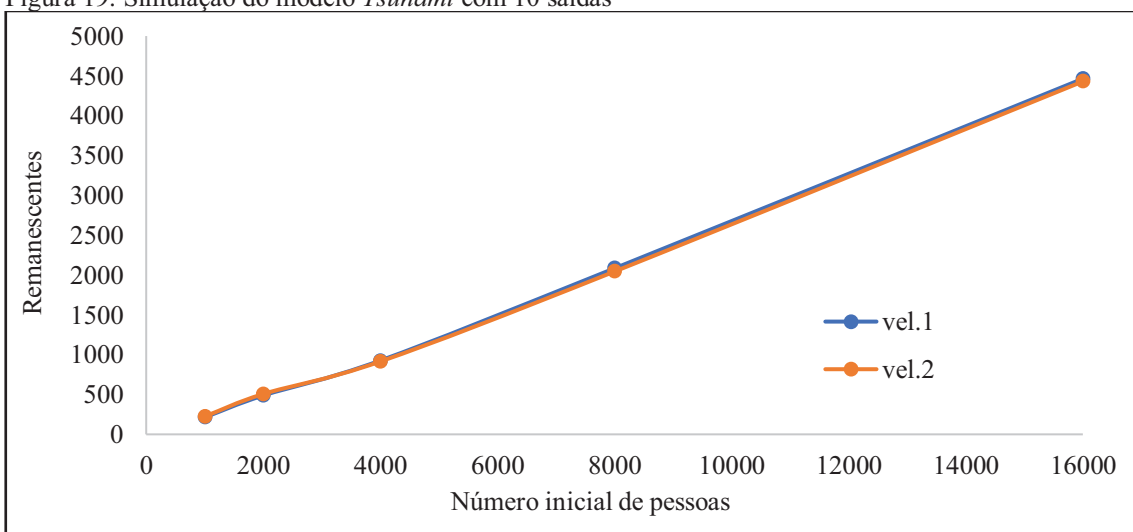


Figura 19: Simulação do modelo *Tsunami* com 10 saídas



A principal observação com relação às Figuras de 15 a 20, é que a velocidade da onda praticamente não influencia nos resultados; um comportamento esperado, uma vez que a velocidade do *Tsunami* é muito maior do que a velocidade de deslocamento das pessoas. O observado neste modelo é que o número de pessoas remanescentes é diretamente proporcional ao número de pessoas originalmente presentes no cenário do desastre, e que o número de saídas não imprime um comportamento totalmente diferente, uma vez que o esperado seria que com o maior número de saídas, maior fosse a evacuação, e conseqüentemente, menor o número de pessoas remanescentes. Atribui-se este comportamento à modelagem adotada pelos desenvolvedores.

Já nas Figuras de 21 a 28 são apresentadas as simulações em duas das velocidades do *Tsunami*. A velocidade 1 e a velocidade 2 (o dobro). Nelas são exploradas as diferenças entre o número de saídas, sempre comparativamente, e tomando-se como referência o número de saídas = 2 (menor).

Figura 20: Simulação *Tsunami* com velocidade 1

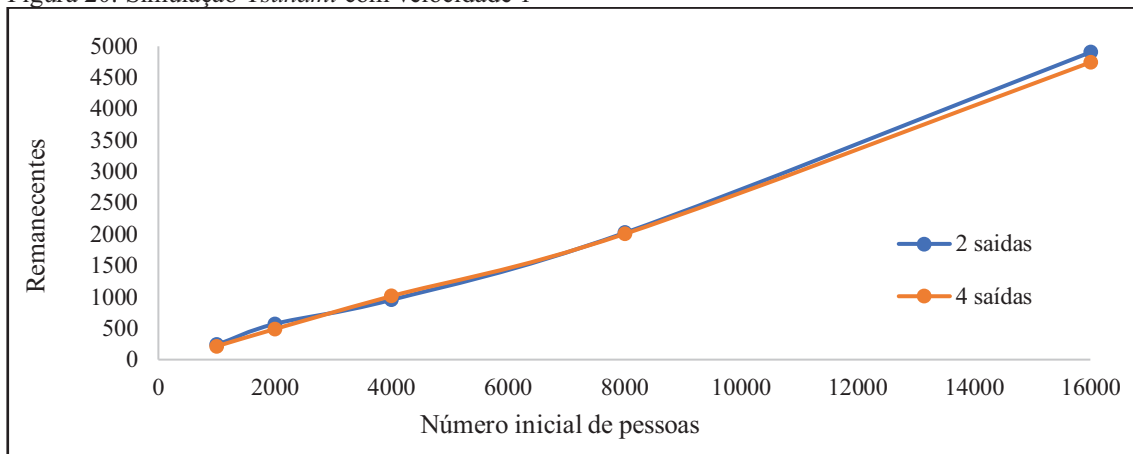


Figura 21: Simulação *Tsunami* com velocidade 1

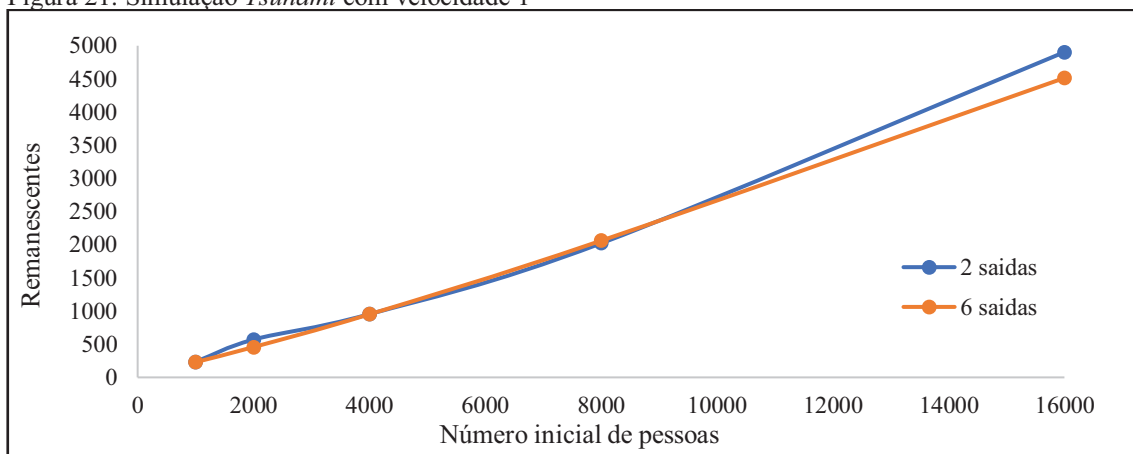


Figura 22: Simulação *Tsunami* com velocidade 1

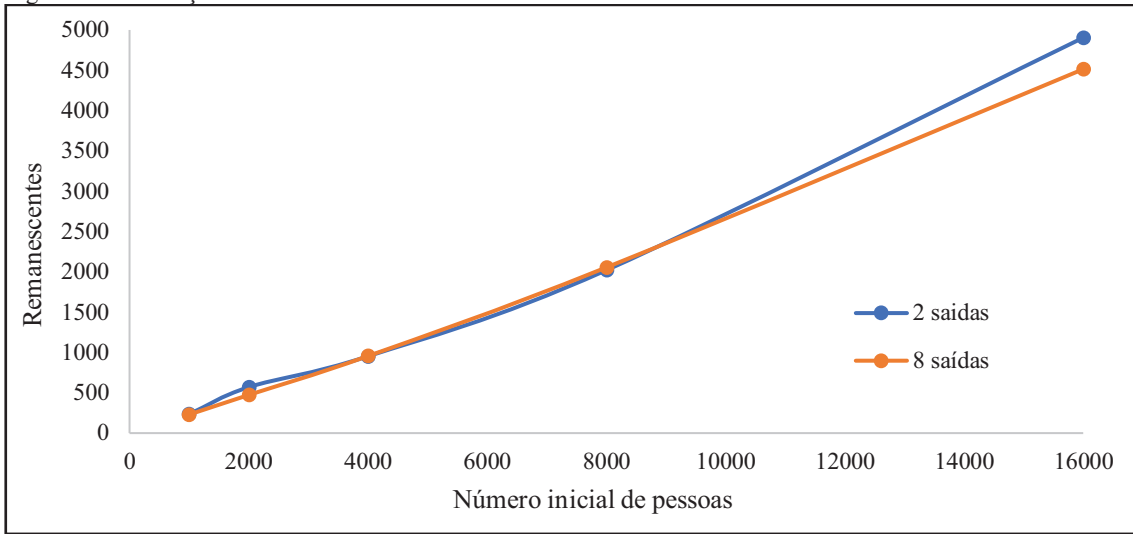


Figura 23: Simulação *Tsunami* com velocidade 1

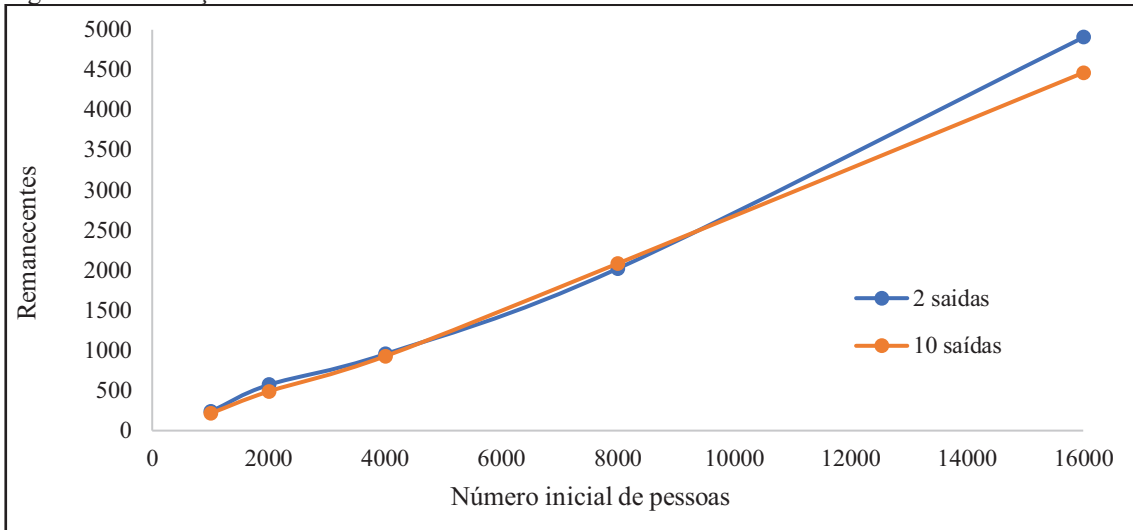


Figura 24: Simulação *Tsunami* com velocidade 2

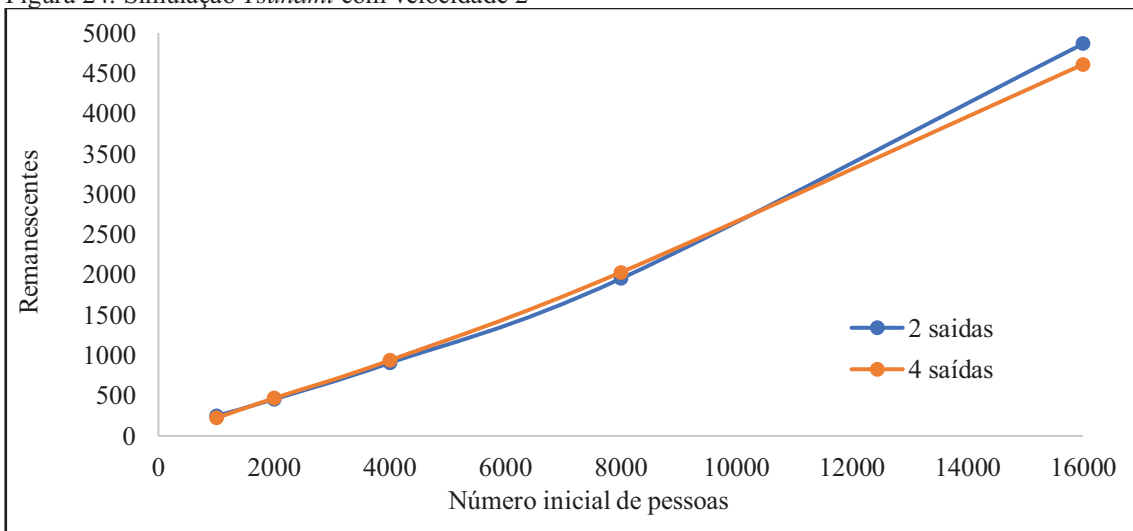


Figura 25: Simulação com *Tsunami* velocidade 2

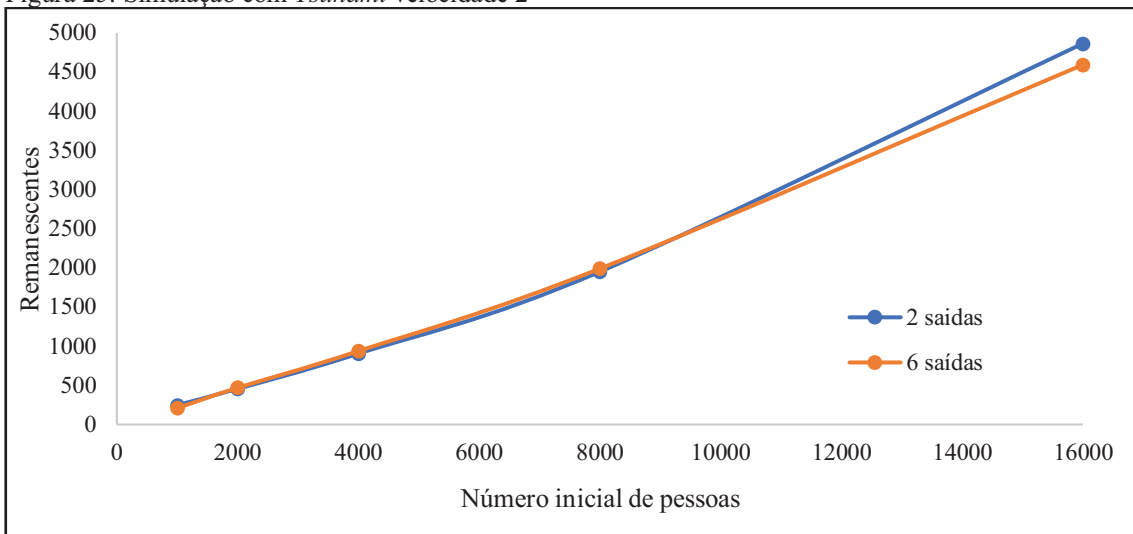


Figura 26: Simulações *Tsunami* velocidade 2

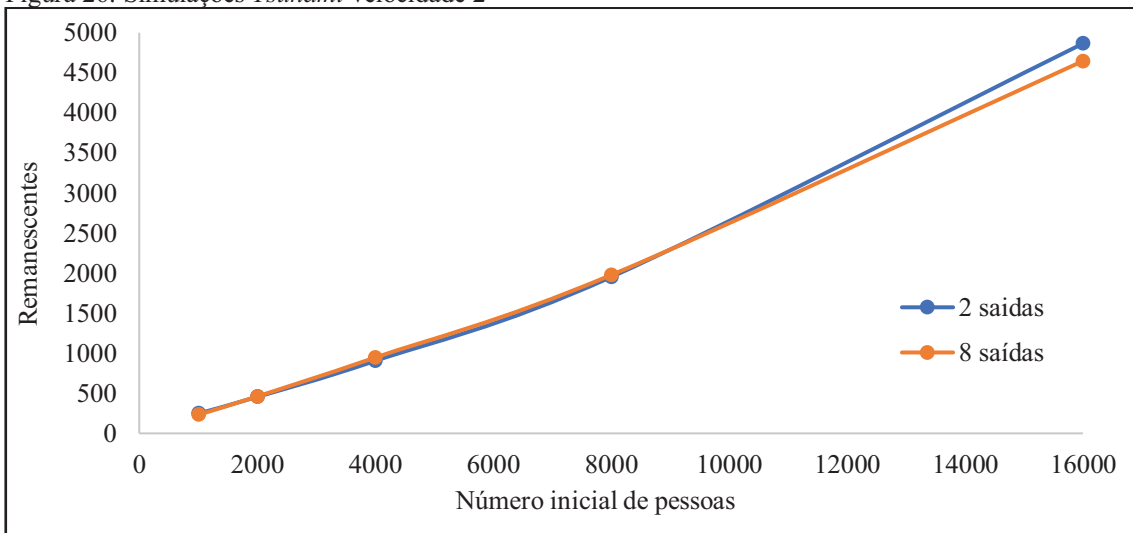
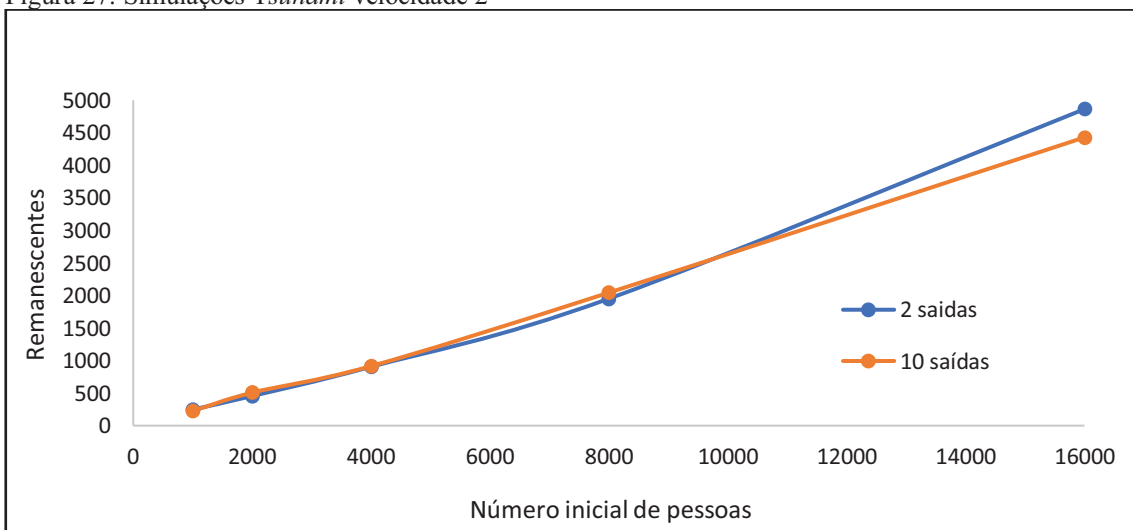


Figura 27: Simulações *Tsunami* velocidade 2



Com a análise Figuras de 21 a 28, fica evidente a contribuição do número de saídas, na evacuação de pessoas. Em ambas as velocidades da onda, 1 e 2, mas principalmente para grande número de pessoas inicialmente presentes, observa-se diferenças significativas entre a quantidade de pessoal remanescente, principalmente quando se compara o número mínimo de saídas, (2) e o número máximo de saídas (10) , como na figuras 38 a 45.

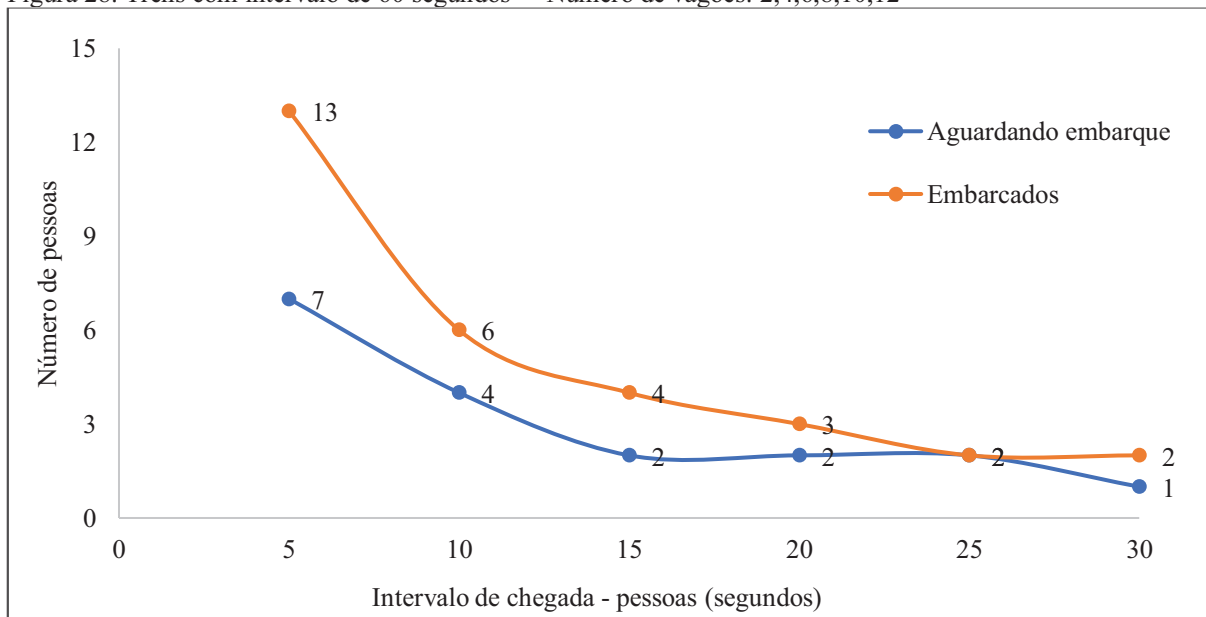
3.4 Implementação do modelo de simulação evacuação - trem

As simulações foram realizadas utilizando os parâmetros apresentados na Tabela 23 mostra os parâmetros utilizados na simulação. Todos os resultados da simulação são apresentados no Apêndice B.

Tabela 23: Parâmetros utilizados na simulação do modelo de evacuação - Trem

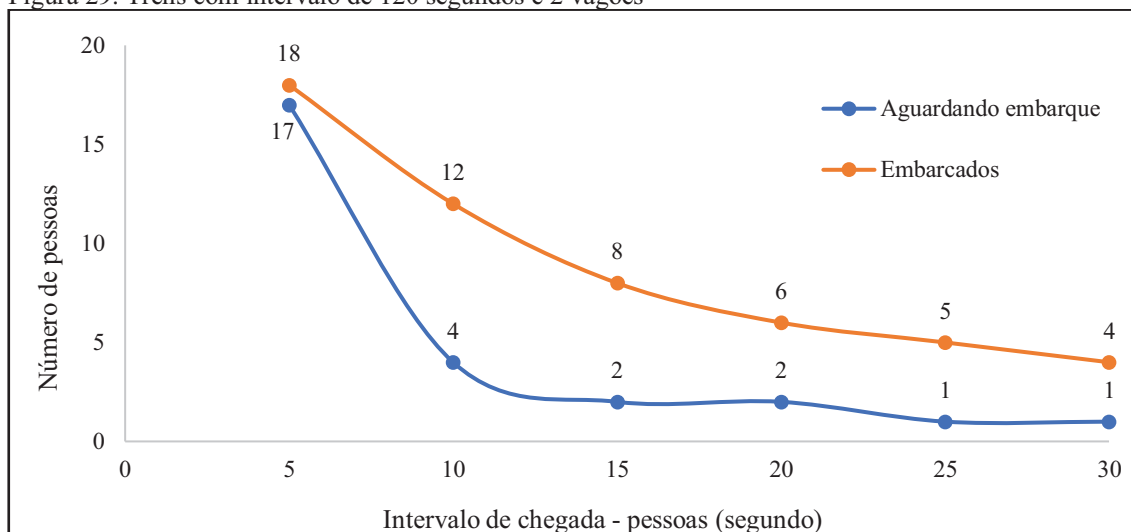
Intervalo chegada – trem (segundos)	60	120	180	240	300	360
Número de vagões	2	4	6	8	10	12
Intervalo de chegada – pessoas (segundos)	5	10	15	20	25	30

Figura 28: Trens com intervalo de 60 segundos - Número de vagões: 2,4,6,8,10,12



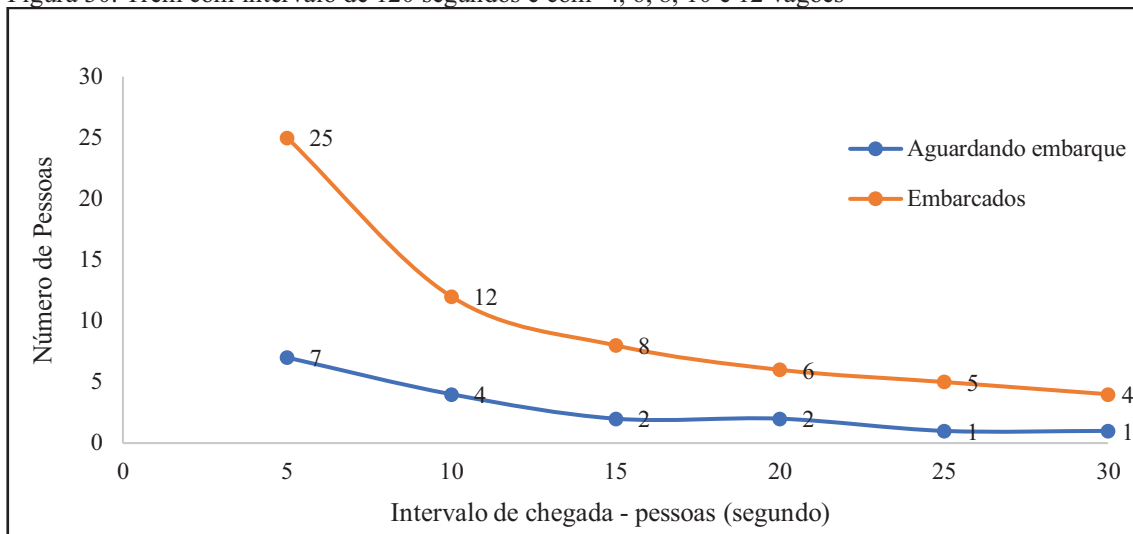
Conforme mostra a Figura 29, para intervalos de partidas de trens a cada 60 segundos, (alta frequência) independentemente do número de vagões: 2,4,6,8,10 ou 12 se obtém o mesmo perfil de atendimento; ou seja: o mesmo número de pessoas embarcadas e o mesmo número de pessoas aguardando embarque. É possível observar que para intervalos de chegada de pessoas de 5 e 10 segundos existe uma diferença significativa entre o número de embarcados e os aguardando embarque. Para os demais intervalos, onde a taxa de chegada é comparativamente menor, o comportamento da curva basicamente se estabiliza, e os dois parâmetros: embarcados e aguardando embarques são muito próximos e pequenos.

Figura 29: Trens com intervalo de 120 segundos e 2 vagões



Já para trens com intervalo de 120 segundos e apenas 2 vagões como na Figura 30, é possível observar que para o menor intervalo de chegada (5 segundos), o número de pessoas embarcadas e aguardando sejam basicamente o mesmo. Com o aumento dos intervalos de chegada de pessoas o número de embarcados e aguardando embarque fica cada vez menor, conforme mostra a Figura 31.

Figura 30: Trem com intervalo de 120 segundos e com 4, 6, 8, 10 e 12 vagões



A Figura 31 mostra que com o mesmo intervalo de 120 segundos para chegada de trens, como o da Figura 30, o aumento no número de vagões, provoca um aumento da quantidade de embarcados em relação aos que não embarcaram, uma quantidade de embarcados três vezes maior que o número de pessoas que permanecem na plataforma para intervalos de chegada de 5s. Nota-se que com 4,6,8,10 e 12 vagões, as simulações apresentam o mesmo comportamento, o que indica que para um intervalo de partida dos trens, a cada 120s, a opção ótima está próxima a 4 vagões.

Figura 31: Trem com intervalo de 180 segundos e 2 vagões

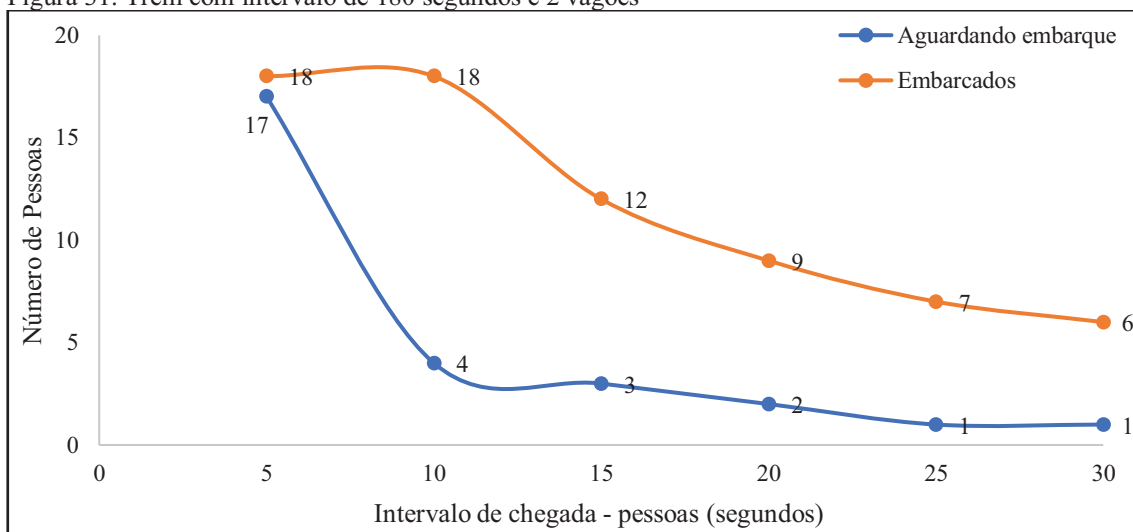


Figura 32: Trem com intervalo de 180 e 4 vagões

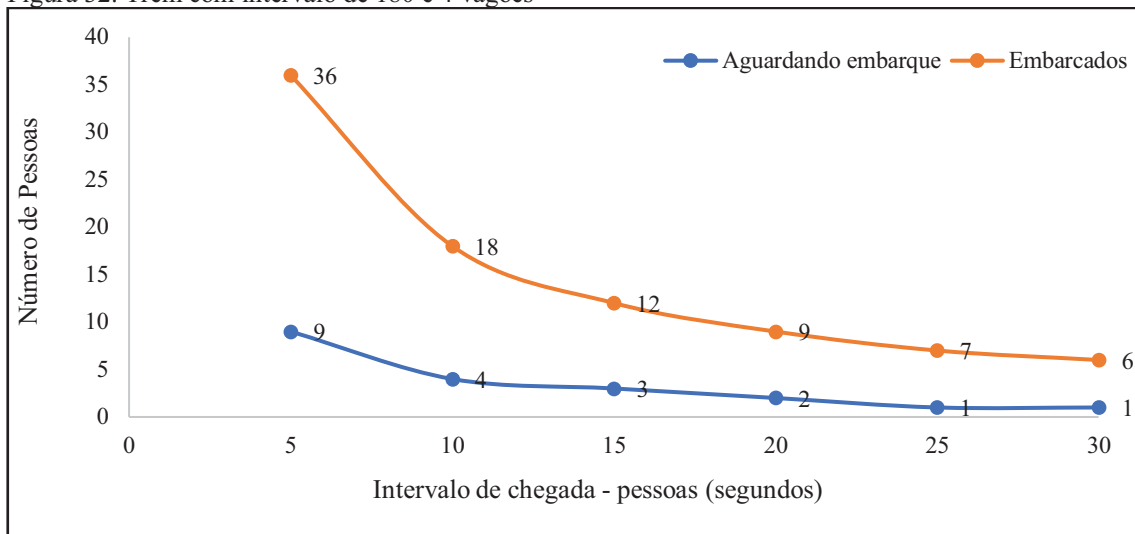
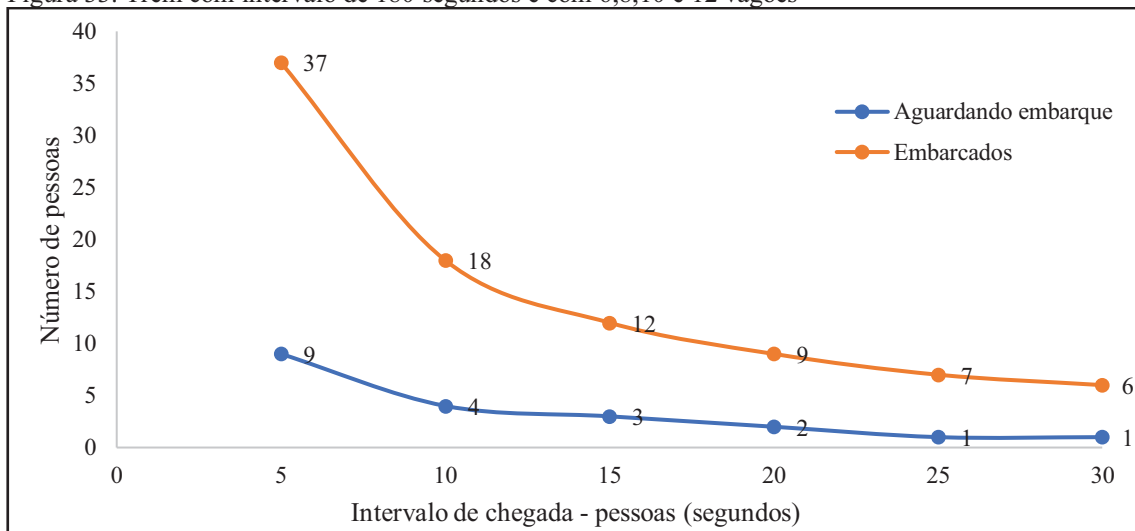


Figura 33: Trem com intervalo de 180 segundos e com 6,8,10 e 12 vagões



O que se observa das Figuras 32, 33 e 34 que para uma composição que parta a cada 180 segundos de sua origem, e com taxa de chegada de pessoas nas estações, variando de 5 a 30 segundos, o ideal é uma composição com 6 vagões, uma vez que a partir daí, com o aumento do número de vagões não ocorre o aumento de pessoas embarcadas.

Figura 34: Trem com intervalo de 240 segundos e 2 vagões

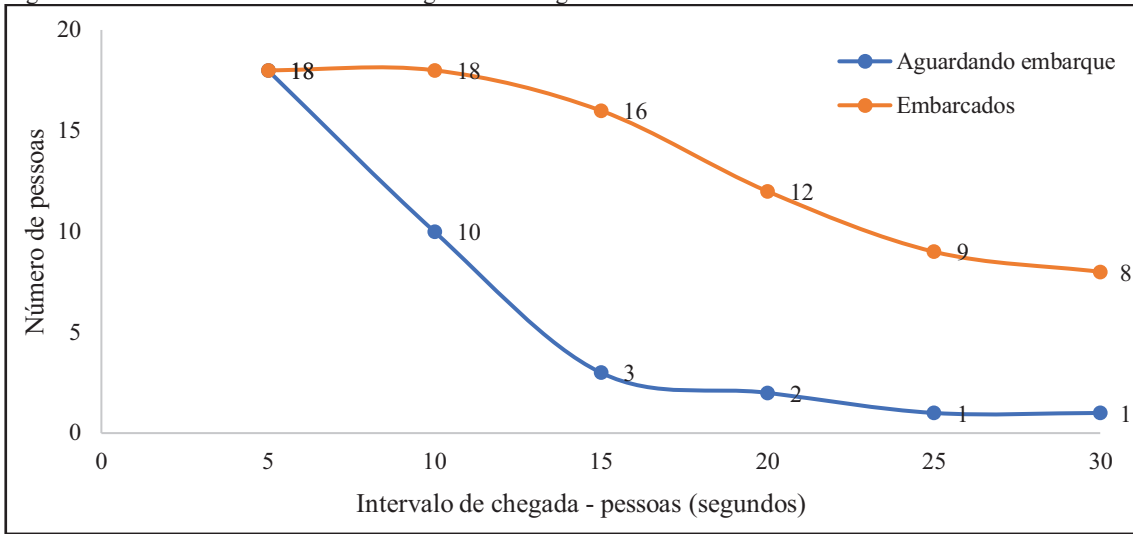


Figura 35: Trens com intervalos de 240 segundos e 4 vagões

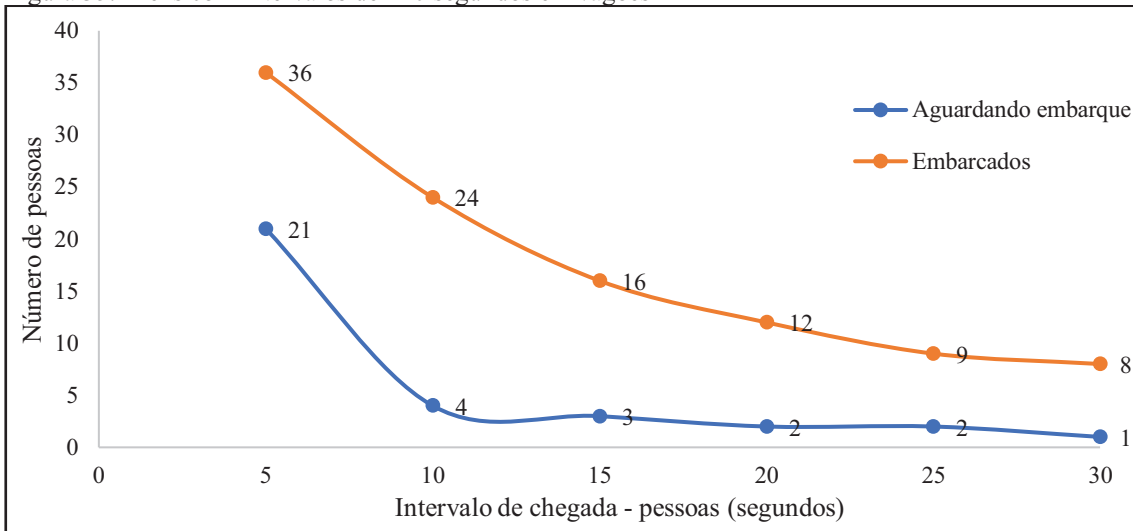
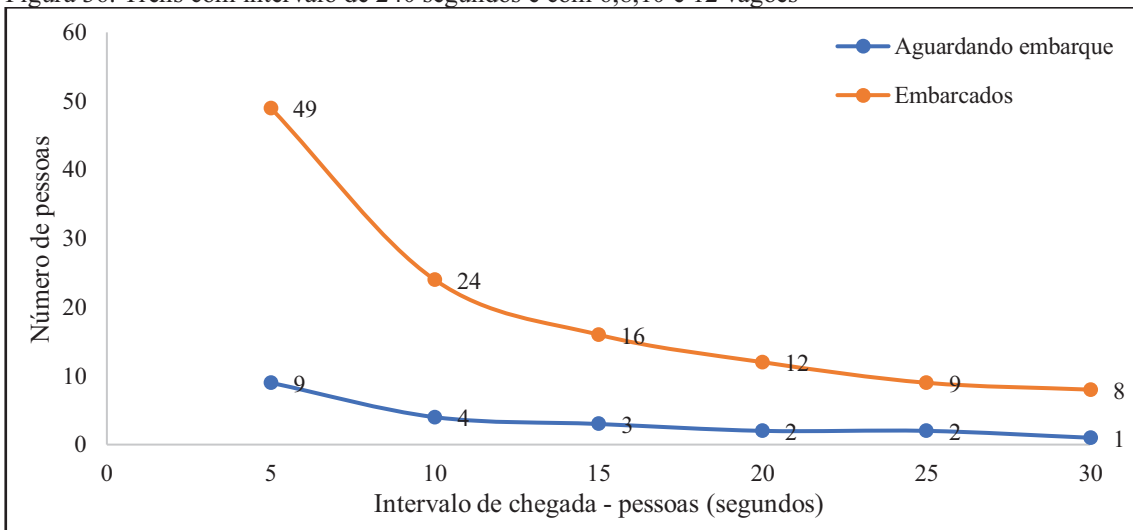


Figura 36: Trens com intervalo de 240 segundos e com 6,8,10 e 12 vagões



Para o intervalo de tempo de partida de trens a cada 240 segundos, são observados três tipos de comportamento, apresentados nas Figuras 35, 36 e 37. As composições com 6 vagões apresentam-se como uma melhor opção, pois nela se consegue embarcar um maior número de pessoas que composições com 2 ou 4 vagões; e, possuem o mesmo perfil de atendimento, ou seja: embarcam a mesma quantidade de pessoas do que as composições com 8, 10 e 12 atendem vagões.

Figura 37: Trens com intervalo de 300 segundos e 2 vagões

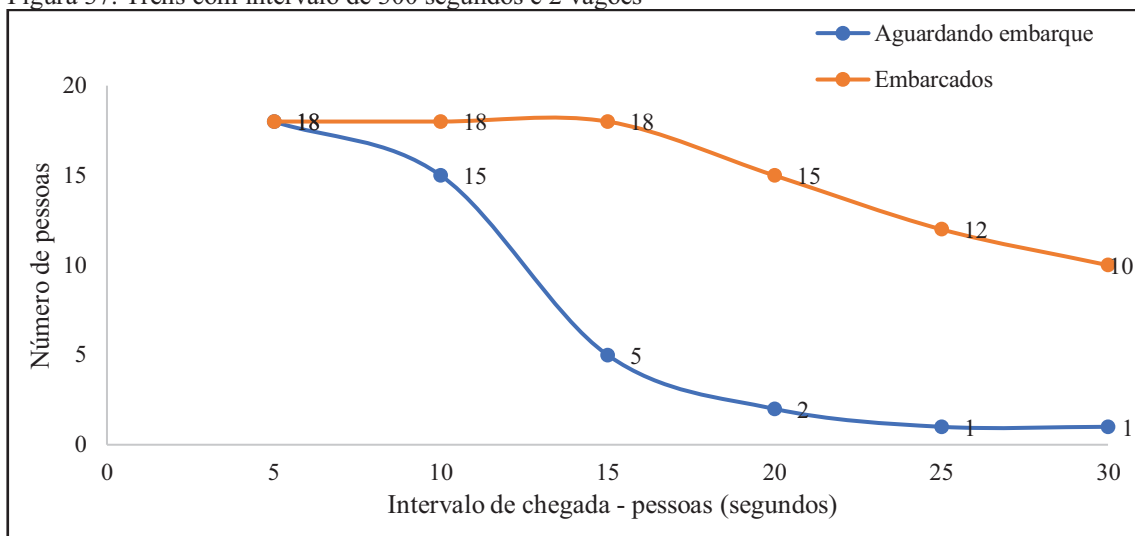


Figura 38: Trens com intervalo de 300 segundos e com 8,10 e 12 vagões

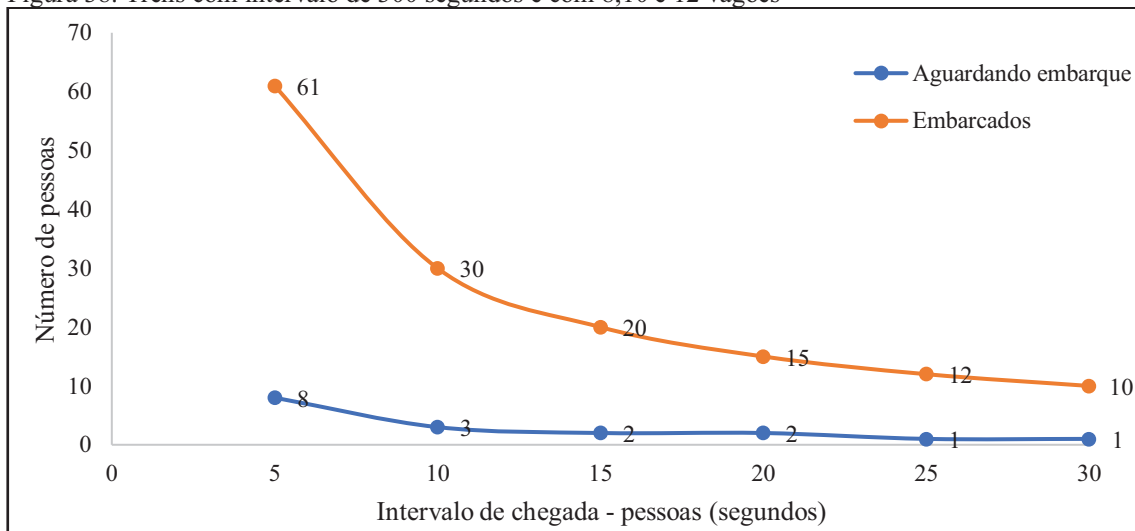


Figura 39: Trens com intervalo de 300 segundos e 4 vagões

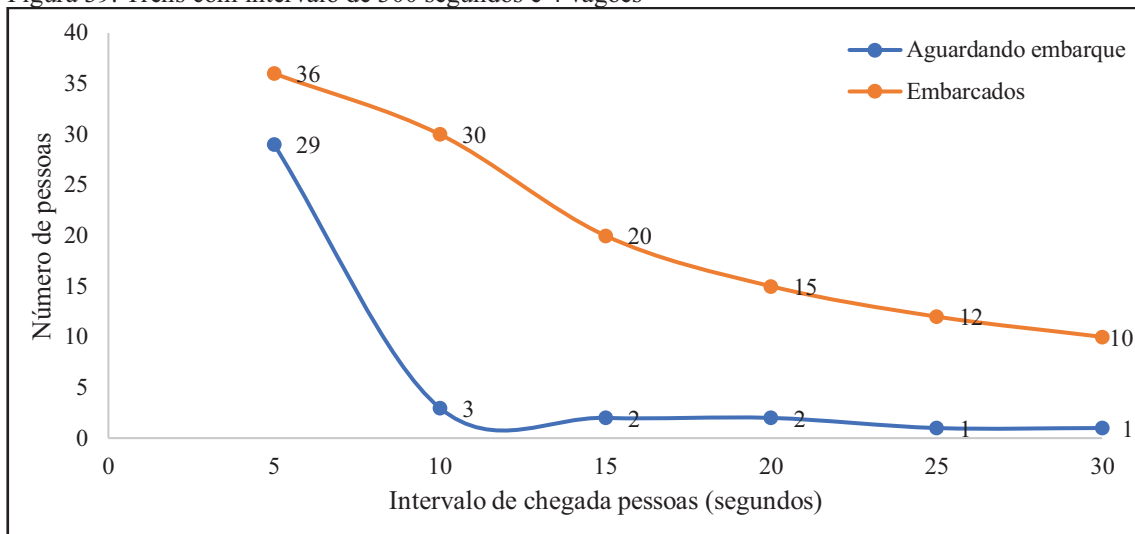


Figura 40: Trens com intervalo de 300 segundos e 6 vagões

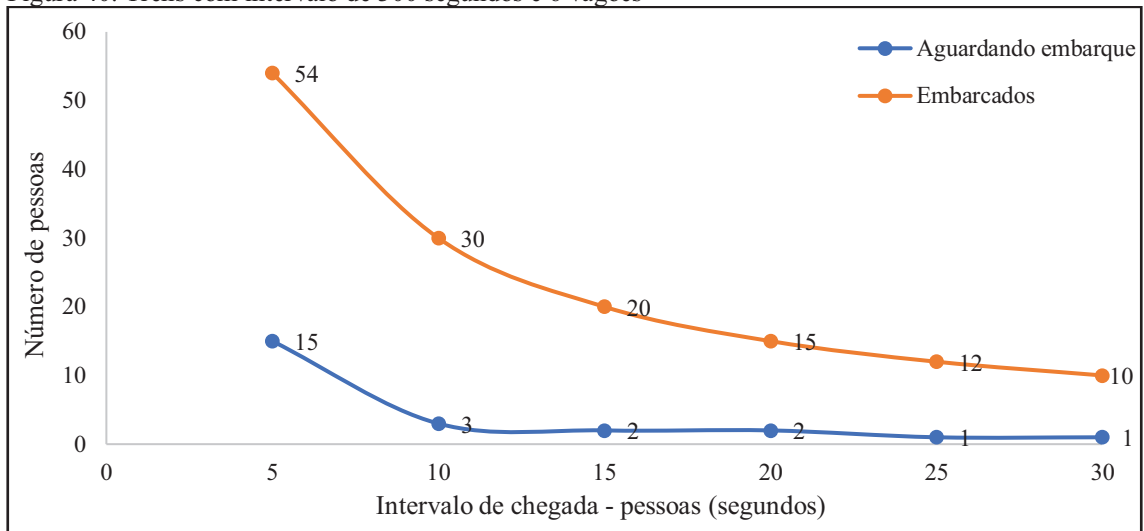
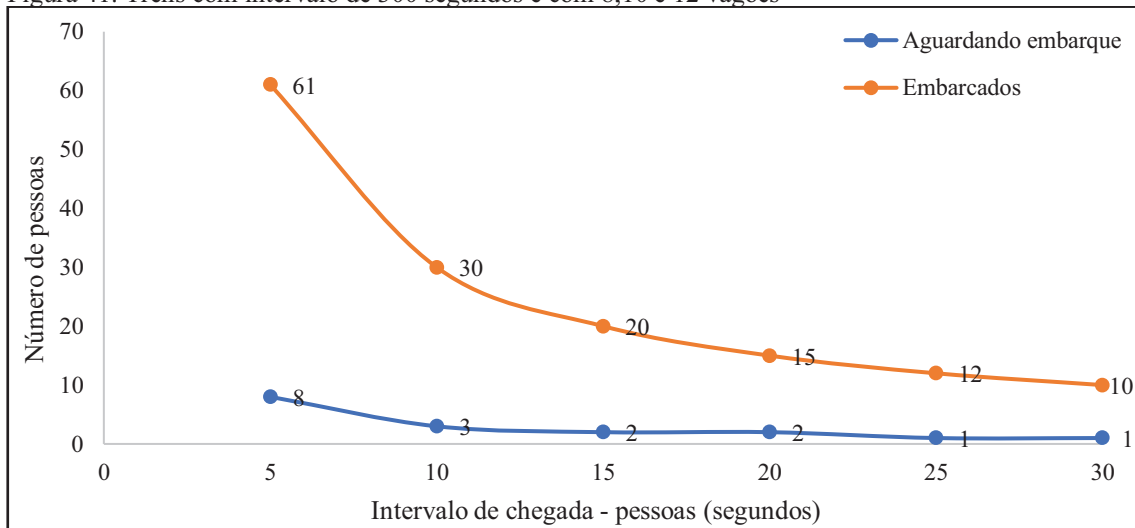


Figura 41: Trens com intervalo de 300 segundos e com 8,10 e 12 vagões



Para trens com intervalo de partida de 300 segundos, é possível observar 4 comportamentos, apresentado nas Figuras 38, 39, 40, 41 e 42. A otimização ocorre em uma composição com 8 vagões, pois nessa opção é possível embarcar o maior número de pessoas e a mesma quantidade que em composições com 10 e 12 vagões.

Figura 42: Trens com intervalo de 360 segundos e com 2 vagões

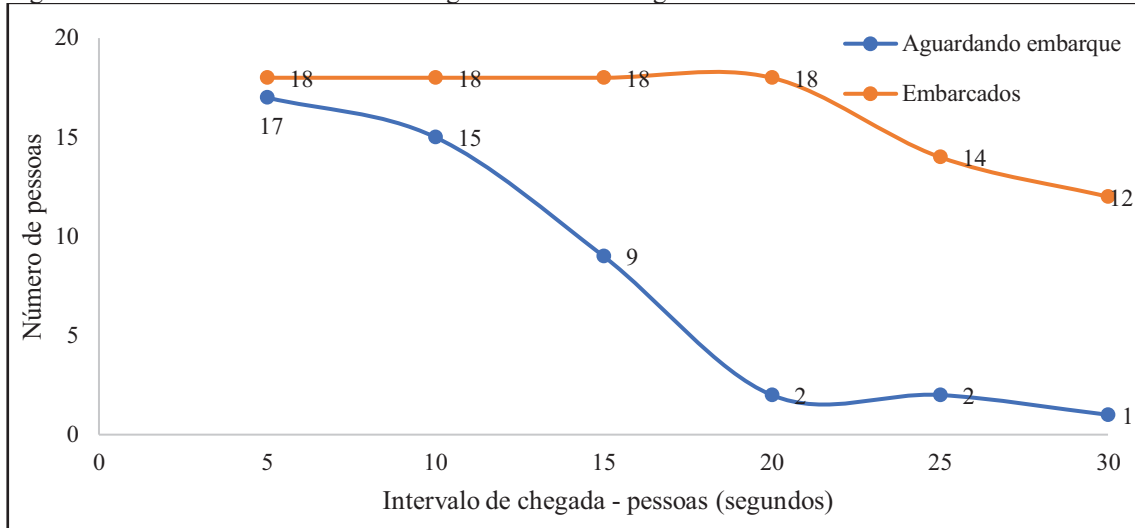


Figura 43: Trens com intervalo de 360 segundos e 4 vagões

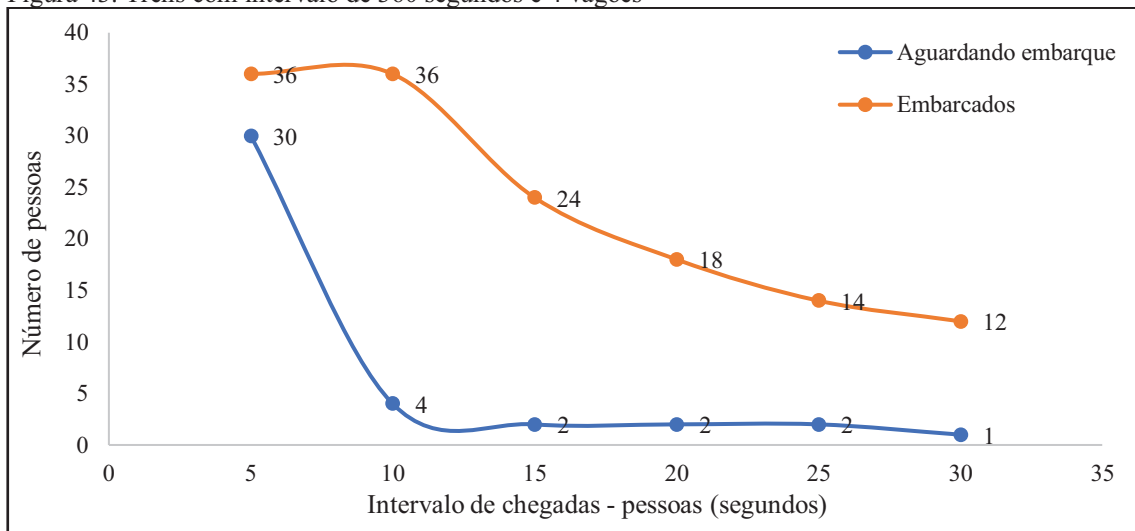


Figura 44: Trens com intervalo de 360 segundos e com 6 vagões

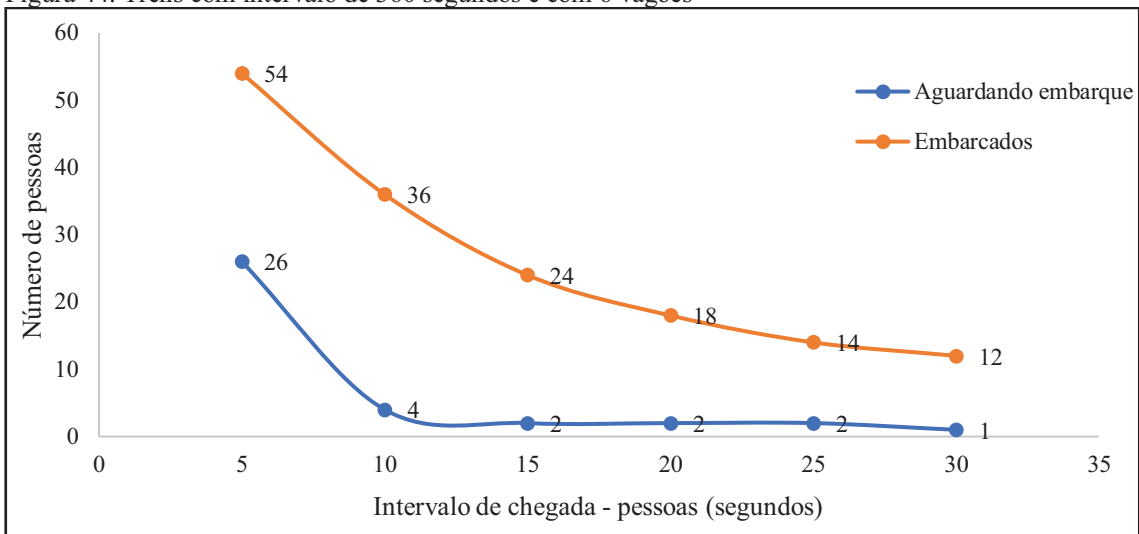


Figura 45: Trens com intervalo de 360 segundos e com 8 vagões

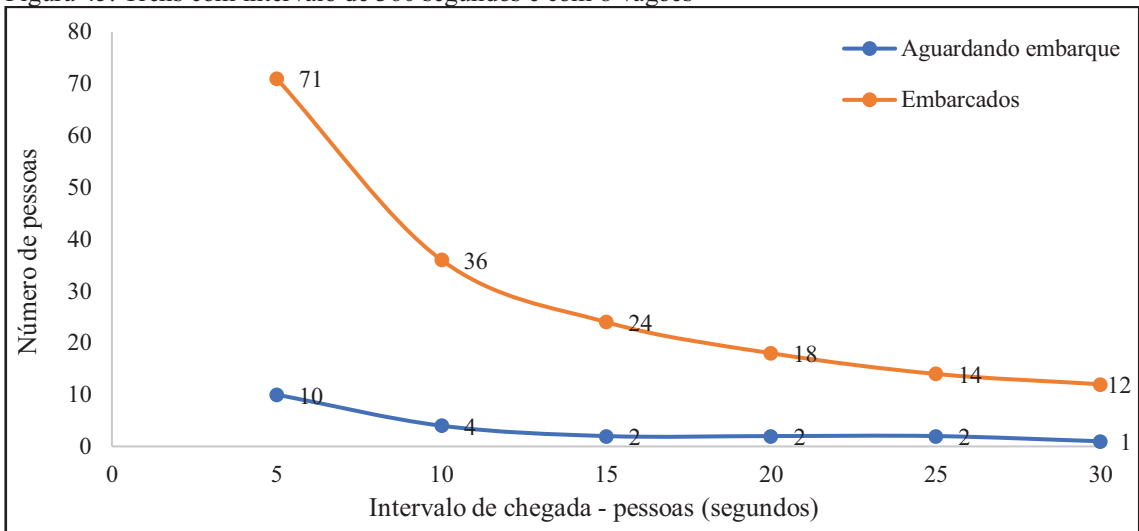
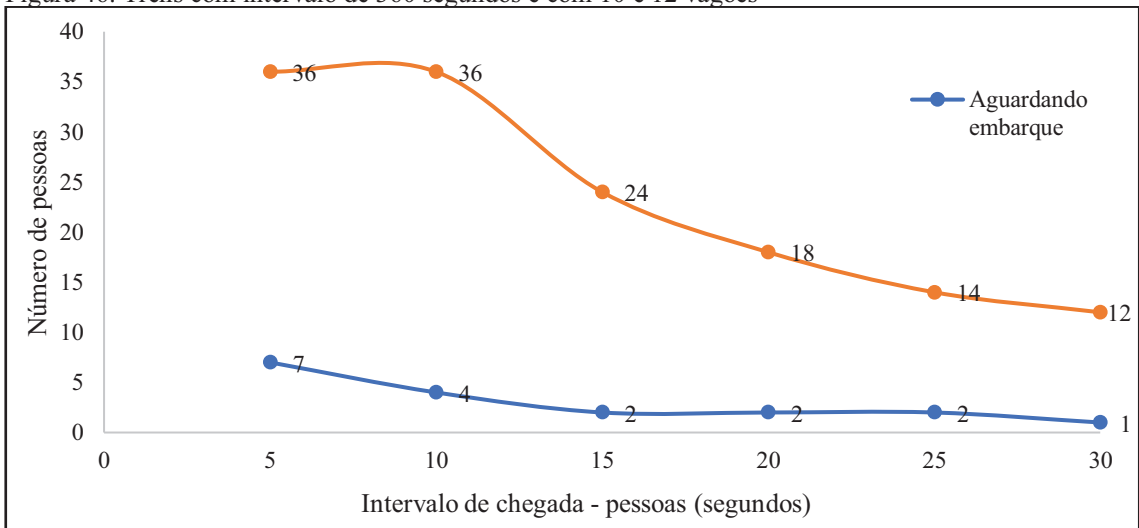


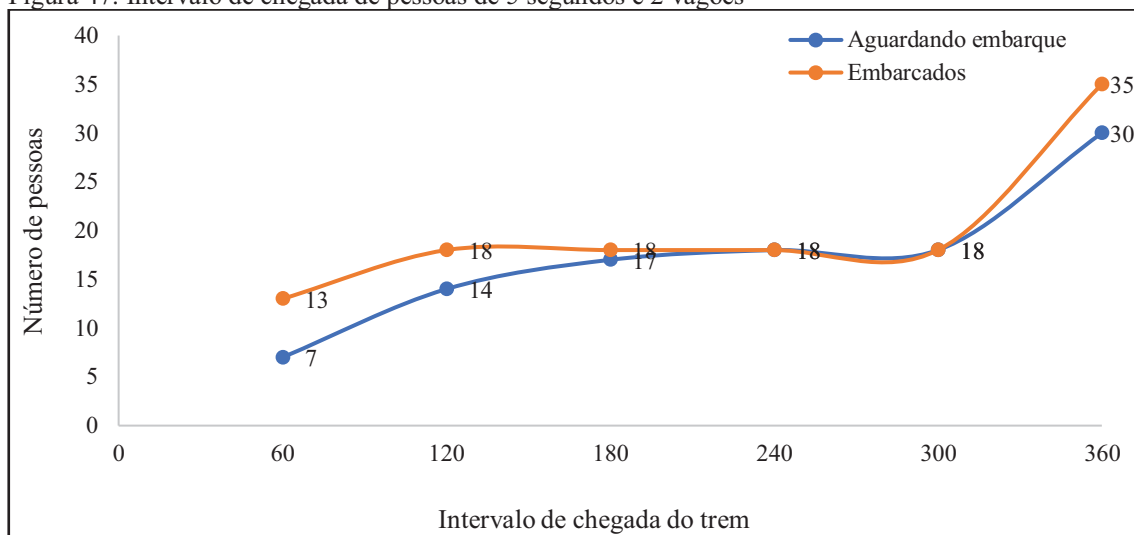
Figura 46: Trens com intervalo de 360 segundos e com 10 e 12 vagões



Para o intervalo de partida de trens de 360 segundos, é possível observar 5 comportamentos, mostrados nas Figuras 43, 44, 45, 46 e 47 a opção otimizada é a composição com 8 vagões, apresentada Figura 63, pois é possível ter o máximo de pessoas embarcadas e o mínimo de pessoas aguardando na plataforma.

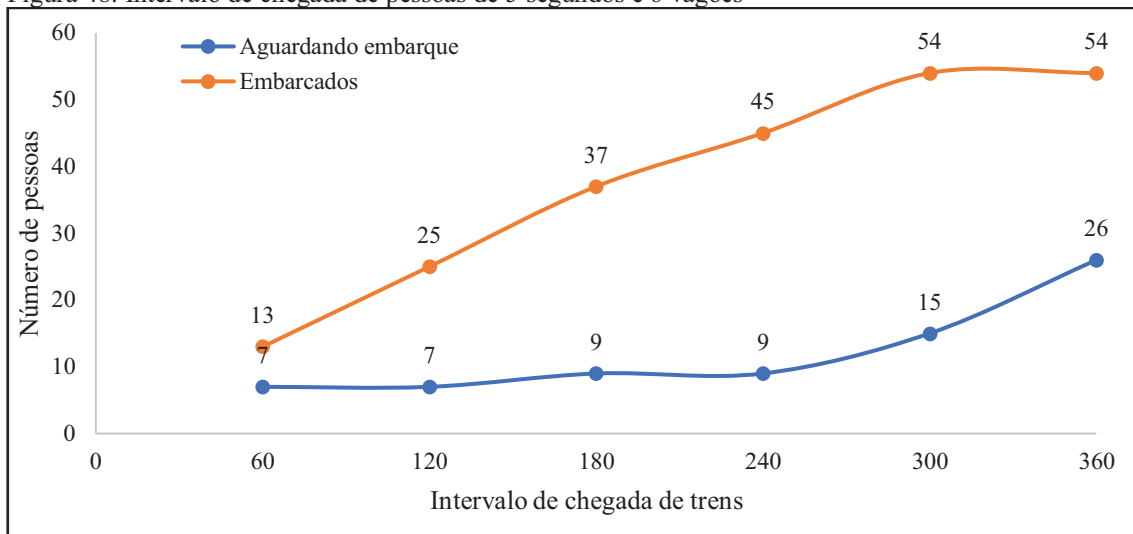
Para trens com intervalo de 60, 120, 180, 240, 300 e 360 segundos, com intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e composições com 2, 6 e 12 vagões, observa-se as situações apresentadas nas Figuras 48, 49 e 50.

Figura 47: Intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e 2 vagões



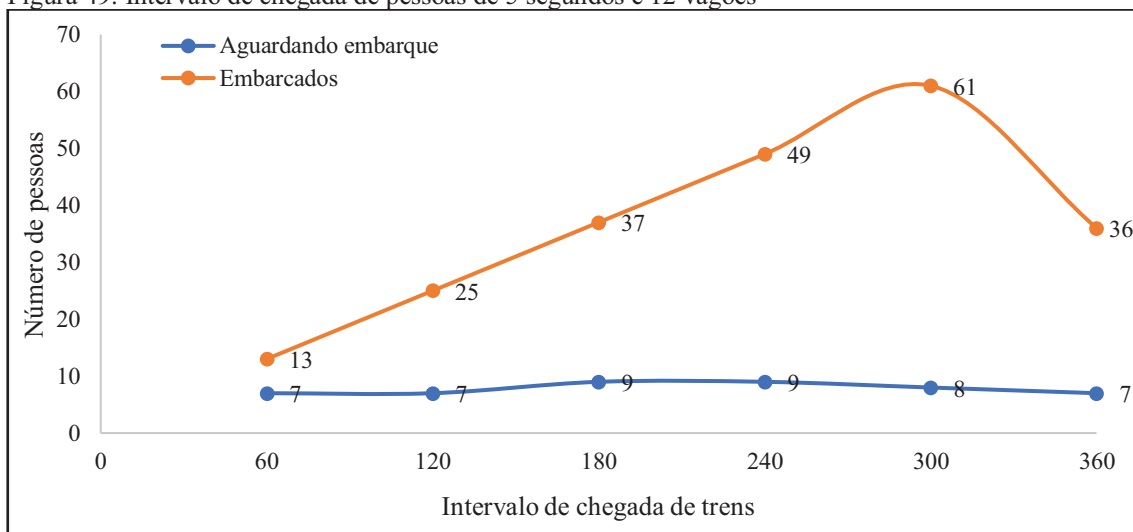
Observa-se que para uma composição com dois vagões e intervalos de trens de 180, 240 e 300 segundos o número de pessoas embarcada e não embarcadas é basicamente o mesmo, conforme mostra a Figura 48. Considerando-se que a situação ideal, não é a de maior embarque, mas sim a de menor não embarque, novamente o menor intervalo de tempo entre as partidas de trem, aponta como a melhor situação; ou seja: maior rapidez na evacuação do local.

Figura 48: Intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e 6 vagões



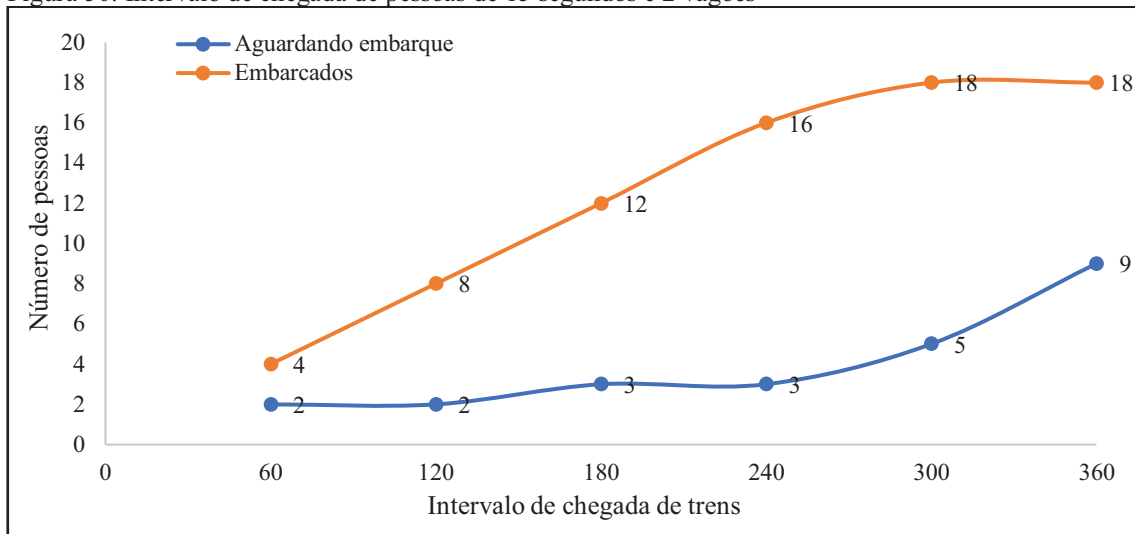
O aumento de intervalo de chegada de trens faz com um maior número de pessoas consigam embarcar, porém o número de pessoas que ficam na plataforma, também aumenta. Para intervalos de chegada de 300 e 360 o número de pessoas que embarcam é exatamente a mesma (54), no entanto o número de pessoas que não embarcam, varia de 15 para intervalo de partida de 300s, para 26 com intervalo de partida de 360s, conforme mostra a Figura 49 .

Figura 49: Intervalo de chegada de pessoas de 5 segundos e 12 vagões



A Figura 50 mostra uma inflexão na curva que representa o número de embarcados, isto mostra que numa situação de alta taxa de chegada e grande número de vagões, a situação ideal deve estar em torno de uma taxa de partida de trens, aproximadamente mediana. Neste caso 300 segundos.

Figura 50: Intervalo de chegada de pessoas de 15 segundos e 2 vagões



A Figura 51 mostra que com intervalos maiores de chegada de trens o número de pessoas que embarcam continua o mesmo se comparado com o intervalo anterior de 300 segundos, porém o número de pessoas que permanecem sem embarcar aumenta, reforçando o que já foi afirmado anteriormente com relação maiores taxas de partidas para trens com menores composições, serem preferíveis a grande número de composições com baixa taxa de partida.

Figura 51: Intervalo de chegada de pessoas de 15 segundos e 6 vagões

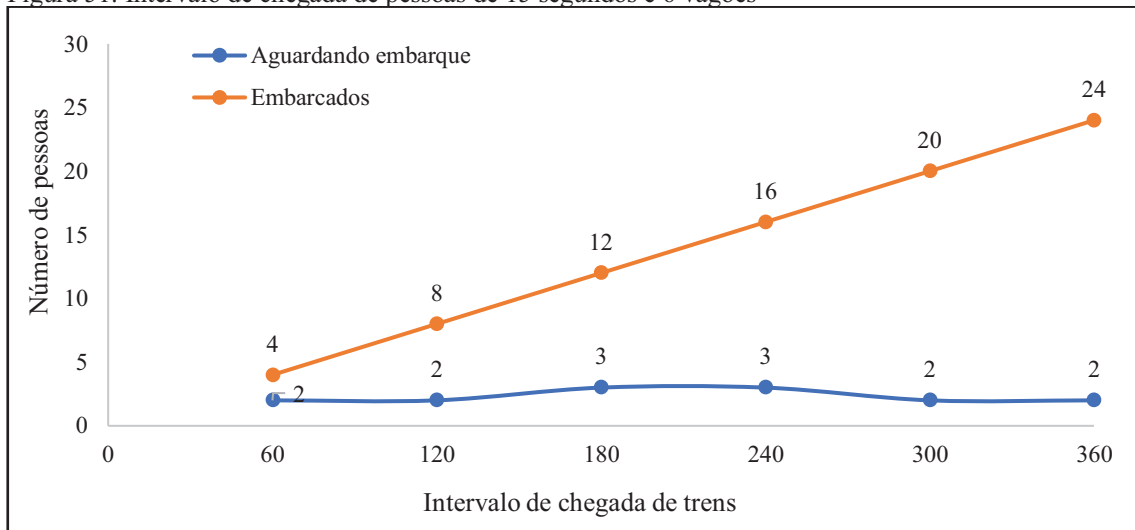
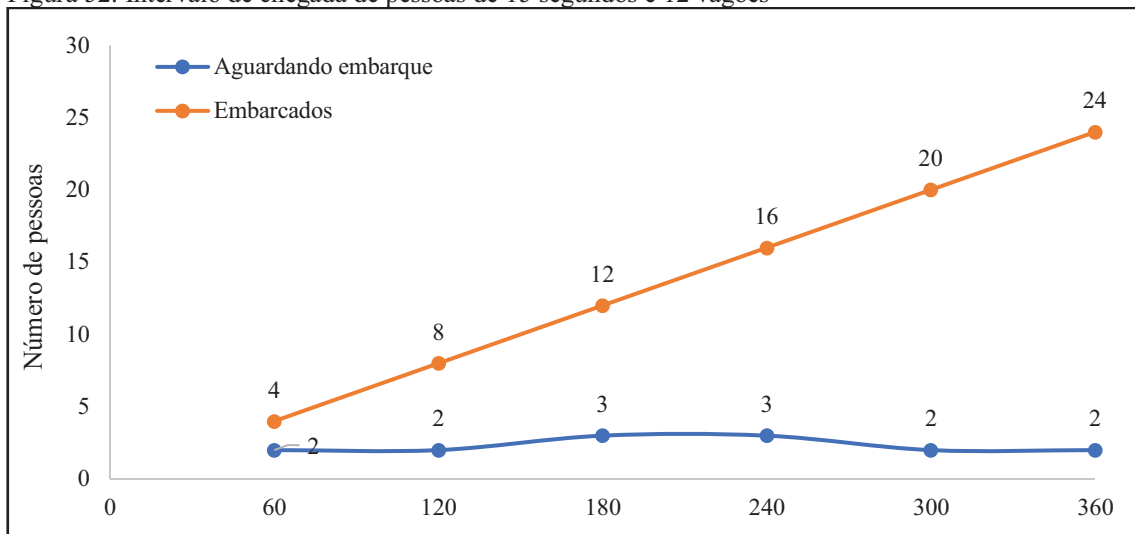


Figura 52: Intervalo de chegada de pessoas de 15 segundos e 12 vagões



As Figuras 52 e 53 mostram que para intervalo de chegada de pessoas de cada 15 segundos, independente de composições com 6 ou 12 vagões o resultado será exatamente o mesmo.

Figura 53: Intervalo de chegada de pessoas de 30 segundos e 2 vagões

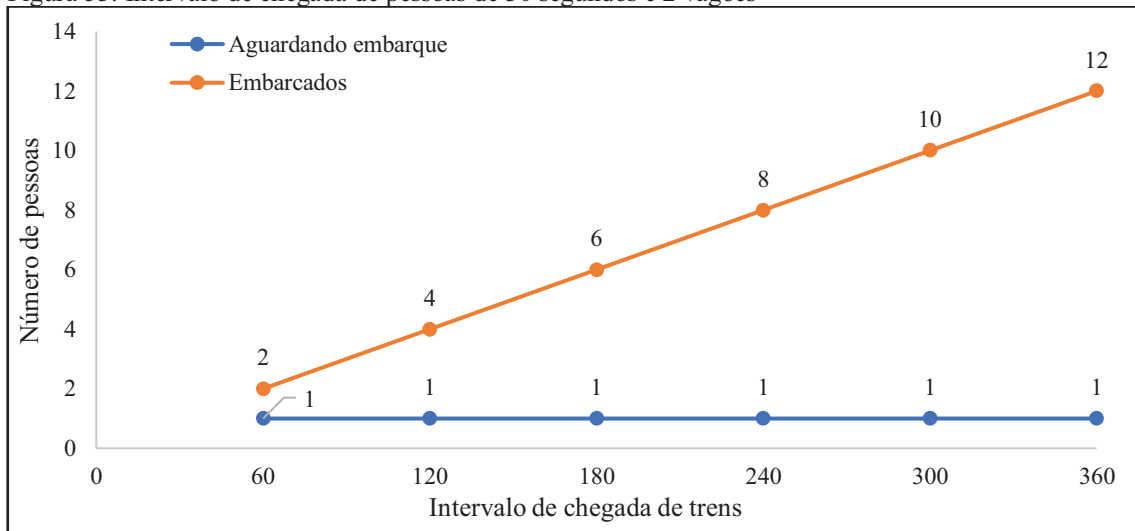


Figura 54: Intervalo de chegada de pessoas de 30 segundos e 6 vagões

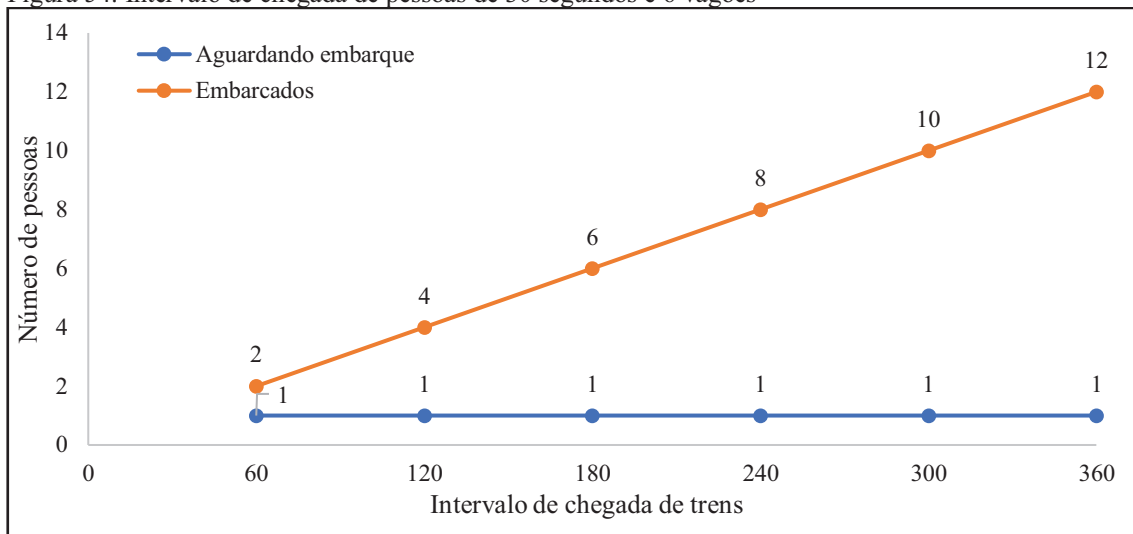
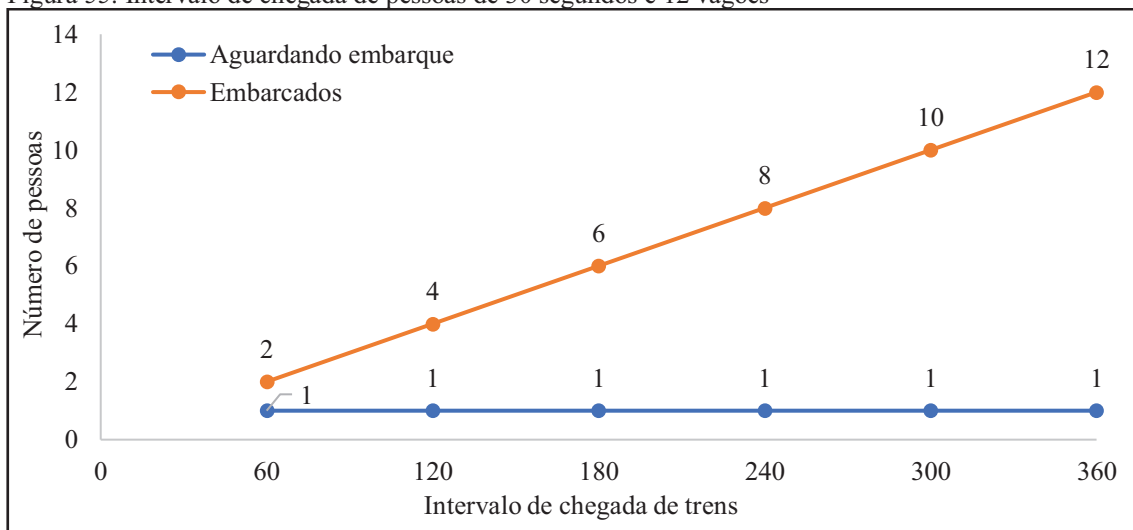


Figura 55: Intervalo de chegada de pessoas de 30 segundos e 12 vagões



As Figuras 54, 55 e 56 mostram que independentemente do número de vagões os resultados são exatamente os mesmos dentro de todos os intervalos de chegada dos trens simulados.

De maneira geral este modelo de simulação demonstrou que quando existe a urgência de evacuação pessoas, e isso será feito utilizando-se trens, a maior rapidez da evacuação com a partida de trens com poucos vagões em intervalos de partida menores. Assim o correto é definir o intervalo de tempo mínimo possível de partida, do que maiores intervalos de partida e maior número de vagões. A taxa de chegada de pessoas às estações de embarque deverá então ser o fator decisivo para o ajuste do número de vagões.

3.5 Implementação do modelo de simulação evacuação de um edifício

As simulações foram realizadas utilizando os parâmetros apresentados na Tabela 24 mostra os parâmetros utilizados na simulação. Todos os resultados da simulação são apresentados no Apêndice C.

Tabela 24: Parâmetros utilizados na simulação do modelo de evacuação - Edifício

Número inicial de pessoas	300	600	900	1200	1500
Número de pessoas inicialmente assustadas	60	120	180	240	300
Propagação do medo (%)	10	30	50	70	90

As Figuras de 57 a 61 reproduzem a observação de Almeida, Kokkinogenis e Rossetti (2012, p. 1)

Em seu ambiente comum, os pedestres tendem a mostrar alguns atributos básicos. Por exemplo, as pessoas sempre tentam encontrar a maneira mais curta e fácil de chegar ao destino. Se possível, evitam desvios, mesmo que o caminho mais curto esteja lotado. O princípio básico é o "princípio do menor esforço", o que significa que todos tentam alcançar seu objetivo o mais rápido possível, gastando a menor quantidade de energia e tempo. Observações feitas para multidões em emergências apresentam tipicamente os mesmos padrões. À medida que as pessoas tentam sair do edifício o mais rápido possível, a velocidade desejada aumenta, o que leva a algumas formações características. À medida que o nervosismo aumenta, existe menos preocupação com a zona de conforto em encontrar o caminho mais conveniente e mais curto. É observável, por exemplo, que se as pessoas tiverem que deixar um prédio em uma emergência e não conhecerem bem a estrutura do prédio, correrão para a saída que usaram como entrada, mesmo que outras saídas possam ser mais fácil de alcançar ou até mais seguras.

Figura 56: Número inicial de pessoas – 300

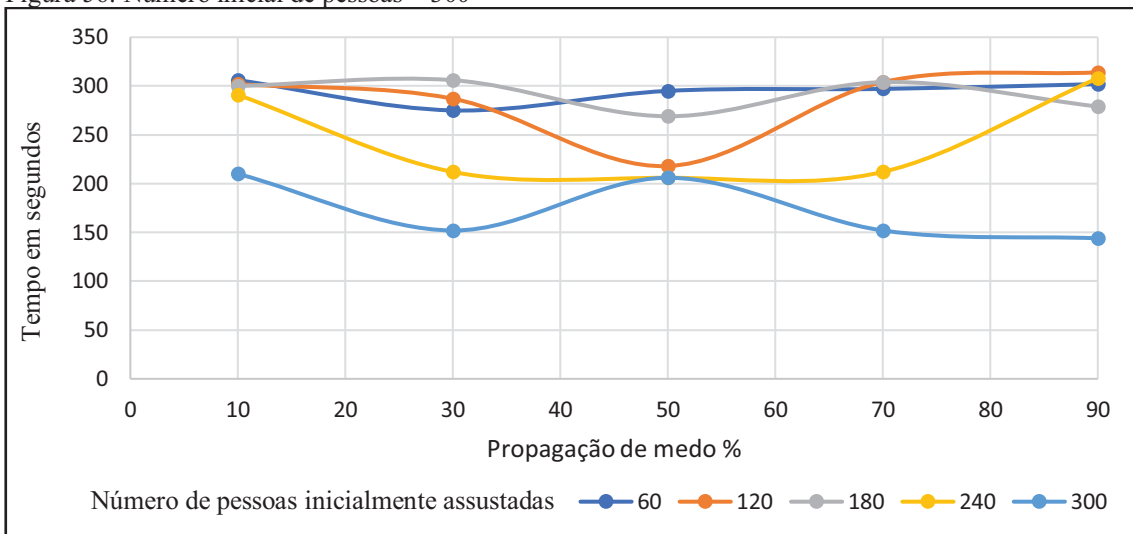


Figura 57: : Número inicial de pessoas - 600

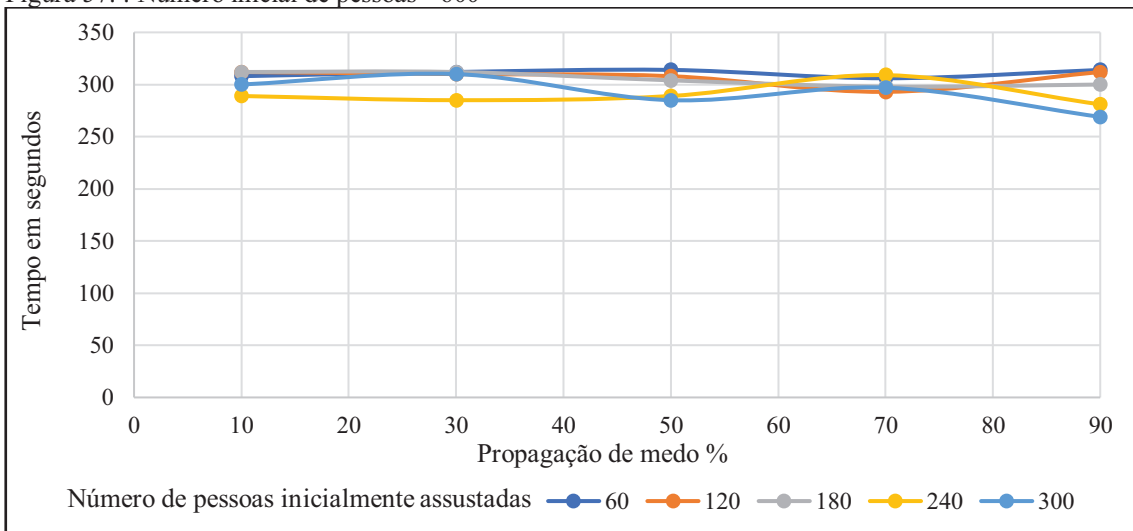


Figura 58: Número inicial de pessoas - 900

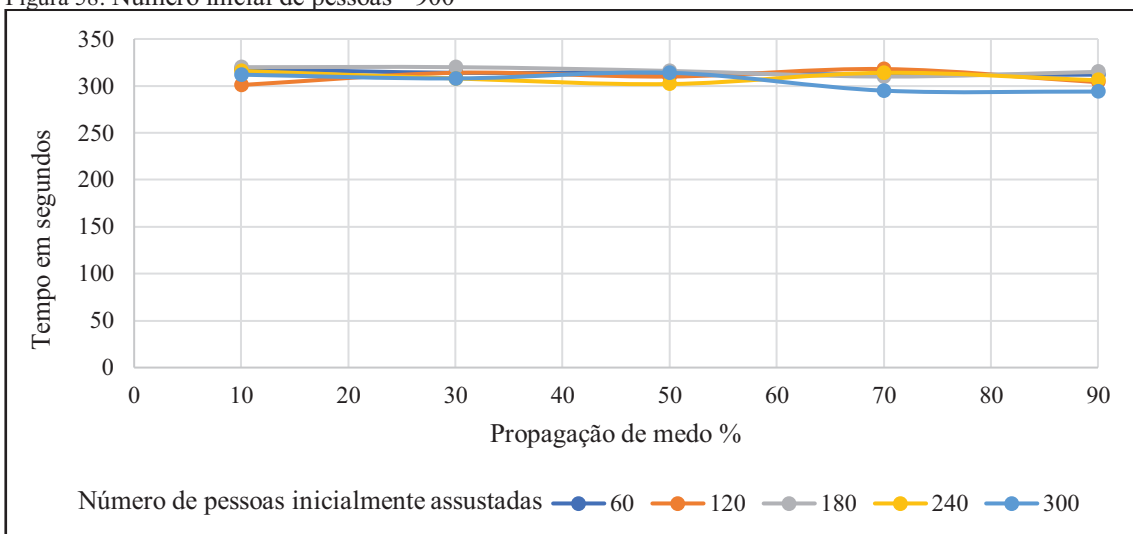


Figura 59: Número inicial de pessoas - 1200

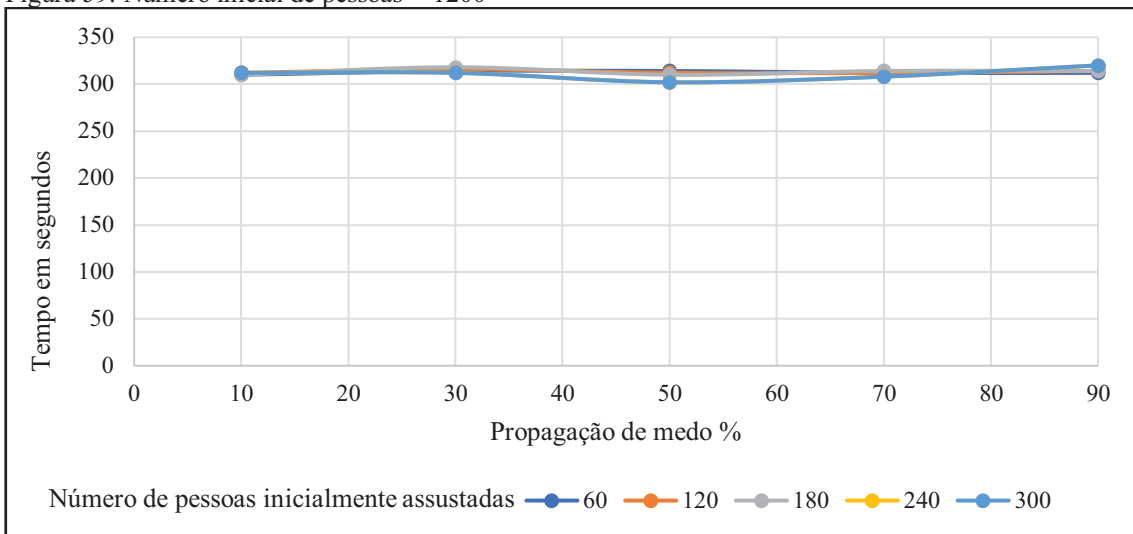


Figura 60: Número inicial de pessoas - 1500

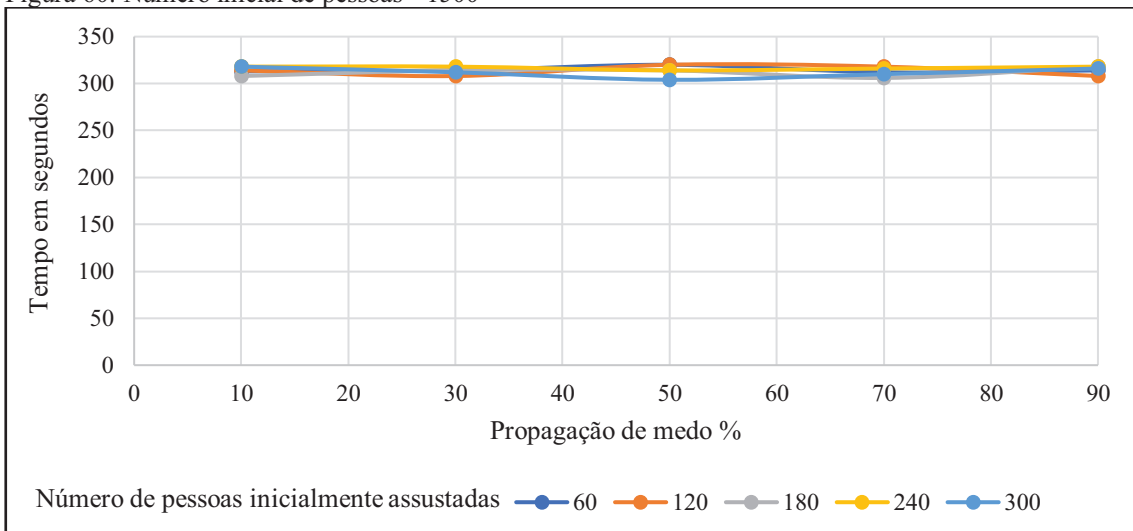


Figura 61: Número de pessoas inicialmente assustadas - 60

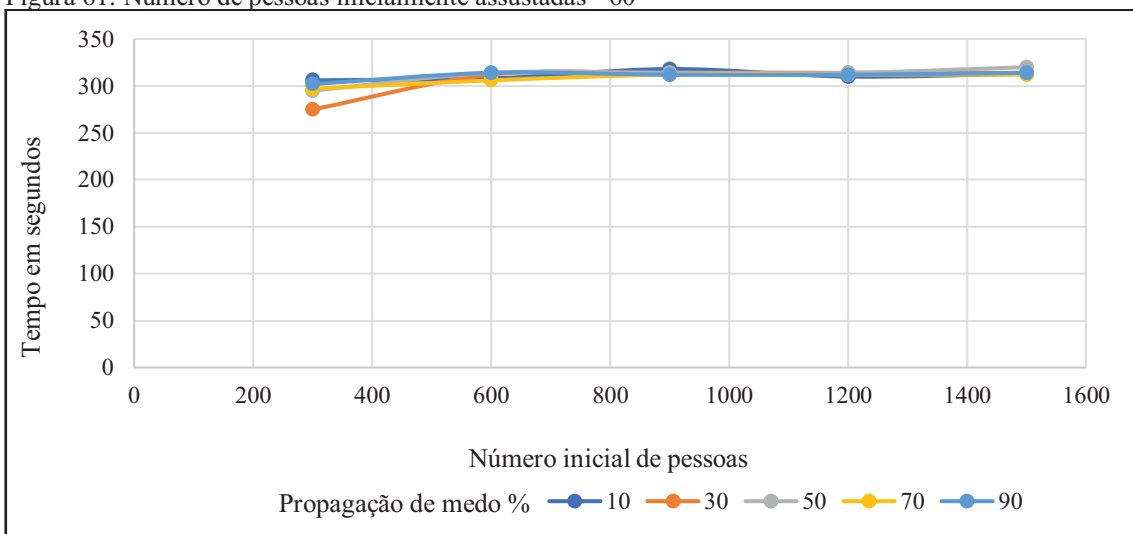


Figura 62: Número de pessoas inicialmente assustadas - 120

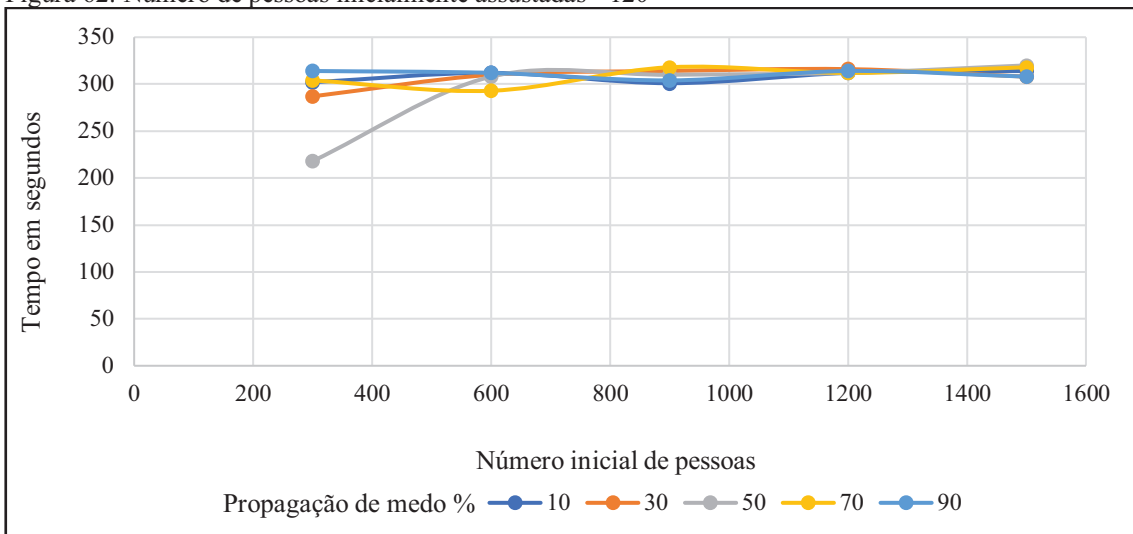


Figura 63: Número inicial de pessoas inicialmente assustadas - 180

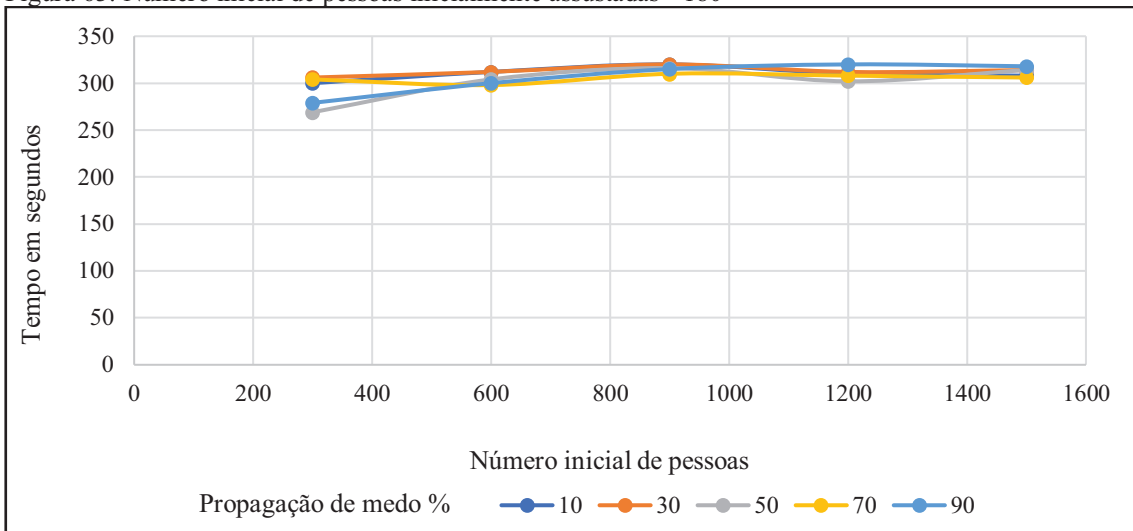


Figura 64: Número de pessoas inicialmente assustadas - 240

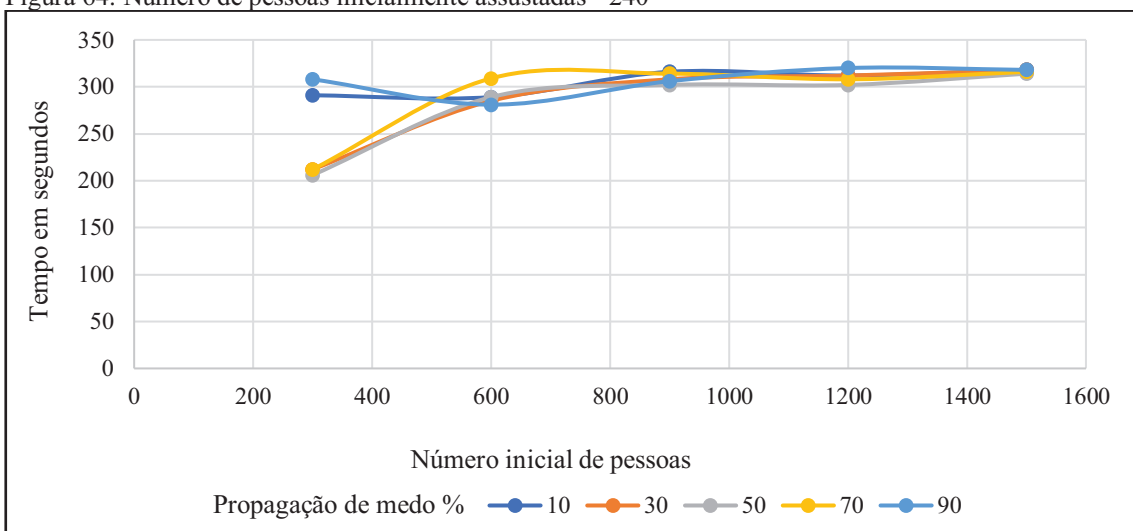
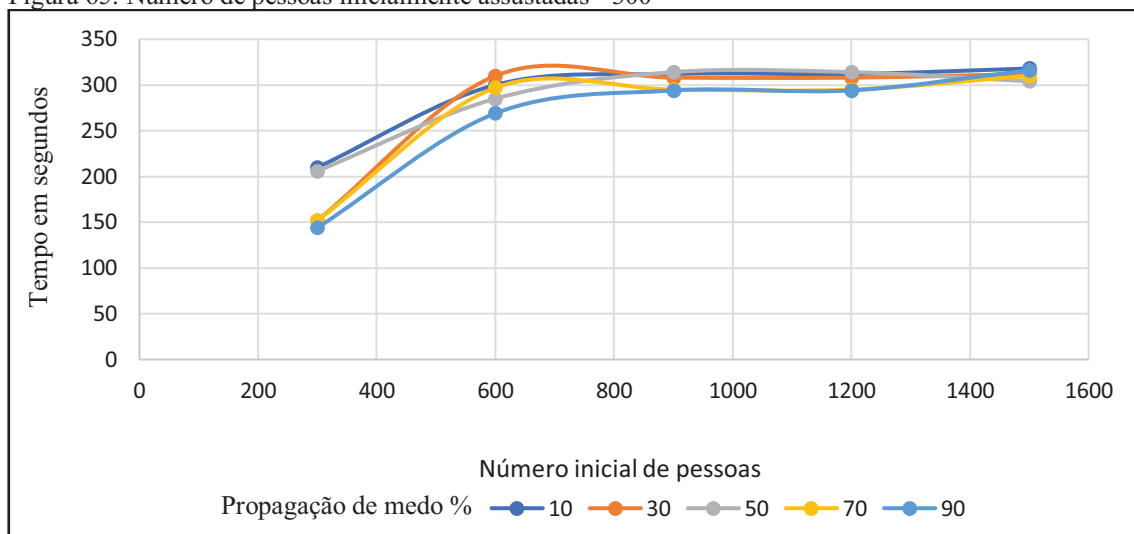


Figura 65: Número de pessoas inicialmente assustadas - 300



As Figuras 62 a 66 mostram que os parâmetros mais importantes na evacuação de Edifício, avaliada em função do tempo para a saída das pessoas, tem como principal dependência o número inicial de pessoas, seguida da taxa de propagação do medo e do número inicial de pessoas apavoradas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos de Simulação baseada em Agentes aplicados, mostraram a possibilidade de representar desastres naturais ou não, e com essas representações entender e otimizar a atuação da Logística Humanitária, além de utilizar os modelos disponíveis para mitigar as necessidades urgentes da população atingida, reduzindo assim a vulnerabilidade da mesma em relação tanto ao tempo de socorro, tempo para remoção para lugar seguro, como a otimização do fornecimento dos recursos materiais.

O cenário da operação humanitária no atendimento de vítimas de desastre foi devidamente esclarecido pela observação dos 10 artigos mais citados, por palavra-chave. A própria revisão de literatura foi responsável por identificar um *gap* de pesquisa, que é a utilização da Simulação baseada em Agentes para compreender e intervir na logística Humanitária.

A literatura também foi a responsável por identificar a Simulação baseada em Agentes como possibilidade de aplicação imediata na Logística Humanitária, bem como na análise e

comparação de diferentes simuladores, como apontado por Petit e Beresford (2009) no Quadro 2, página 56.

A identificação e análise das características de evacuação de áreas de risco, foram compreendidas, além dos aspectos levantados na Revisão Bibliográfica do tema, pela simulação de evacuação por trem, de um prédio, e do *Tsunami*.

De igual importância para a compreensão da gestão eficaz de uma cadeia de suprimentos humanitária, foi a Simulação da Cadeia de Suprimentos Humanitária. Todas elas com o NetLogo.

Na literatura sobre o tema Logística Humanitária, o subtema: gerenciamento de risco; tem despertado o interesse tanto de autores como também de instituições de pesquisas. Alguns autores mais recentes abordam o uso de tecnologia, como drones ou inteligência cognitiva em trabalhos de campo. Em algumas Instituições de Pesquisa, o tema é abordado de maneira mais abrangente, inclusive em algumas delas, com um departamento dedicado a este tipo de estudo.

Quando se fala em simulação baseada em agentes é possível observar sua grande abrangência, pois podem ser utilizadas nas mais diferentes áreas de conhecimento de diferentes maneiras. Por outro lado, a ferramenta utilizada nesta pesquisa é apresentada na literatura como de fácil entendimento e aplicação, porém na prática, entender como o *software* funciona se mostra relativamente simples, o mesmo não pode ser afirmado quanto a modelagem da simulação, onde é necessário o conhecimento profundo de programação.

O tema Logística Humanitária é fascinante, abrangente, atual e importante. Entender como são seus processos e sua complexidade como esse tema mostra que a realização de estudos que possam colaborar para uma gestão eficaz dos processos que envolvem o universo humanitário é necessário para aumentar o número de atendimentos.

Para trabalhos futuros sugere-se explorar mais os modelos, inclusive com a implementação de novas variáveis.

O modelo de simulação de gestão da cadeia de suprimentos utilizado neste trabalho possui aparentemente diversos recursos que podem ser aplicados e analisados com outros olhares, inclusive financeiro. Sugere-se ainda a criação de novos modelos de simulação de evacuação, com destaque especial para evacuação em caso de desastres naturais, ou seja, modelos que contabilizem de modo claro o tempo de evacuação e maneiras de otimização para o atendimentos dos afetados, por exemplo com a inclusão de modais

REFERÊNCIAS

- ADB. Asian Development Bank. Disaster and emergency assistance policy, May 2004.
- ALAZMI, M.; ZAIRI, M. Knowledge management critical success factors. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 14, n. 2, p. 199-204, 2003.
- ALLAN, R. Survey of Agent Based Modelling and Simulation Tools. **Science and Technology Facilities Council**, 7 October 2010.
- ALMEIDA, J. E.; KOKKINOGENIS, Z.; ROSSETTI, R. J. F. **NetLogo Implementation of an Evacuation Scenario**. Conference: WISA'2012 (Fourth Workshop on Intelligent Systems and Applications) 2012.
- ALTAY, N.; GREEN, W. G. OR/MS research in disaster operations management. **European Journal of Operational Research**, v. 175, n. 1, p. 475–493, 2005.
- ALTAY, N.; LABONTE, M. Challenges in humanitarian information management and exchange: evidence from Haiti. **Disaster**, v. 38, p. 50-72, Abril 2014.
- ALTER, S. The Work Systems Method for Understanding Information Systems and Information System Research. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 9, p. 90-104, 2002.
- AMARAL, R. D.; GUTJAHR, M. R. **Desastres naturais. Série Cadernos de Educação Ambiental**, 8. São Paulo: IG/SMA, 2011.
- APTE, A. Humanitarian Logistics: A New Field of Research and Action. **Technology, Information and Operations Management**, v. 3, n. 1, p. 1-100, 2009.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, Porto Alegre, 12, n. 1, jan/jun 2006. 11-32.
- BALCIK, B.; BEAMON, B.M.; KREJCI, C. C.; MMURAMATSU. K.M.; RAMIREZ, M.. Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS**, p. 22-34, Jul 2010.
- BALCIK, B.; AK, D. Supplier Selection for Framework Agreements in Humanitarian Relief. **Production and Operations Management**, v. 23, p. 1028–1041, June 2014.
- BALCIK, B.; BEAMON, B. M. Facility location in humanitarian relief. **International Journal of Logistics: Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management**, v. 11, n. 2, p. 101-121, Abril 2008.
- BALCIK, B.; BEAMON, B. M.; SMILOWITZ, K. Last Mile Distribution in Humanitarian Relief. **Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations**, v. 12, n. 2, p. 51-63, 30 April 2008.
- BELHAJ, M.; KEBAIR, F.; SAID, L. B. **Agent-Based Modeling and Simulation of the Emotional and Behavioral Dynamics of Human Civilians during Emergency**

Situations. Conference on Multiagent System Technologies. MATES 2014. [S.l.]: Springer, Cham. 2014. p. 266-281.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Modelling and simulation. Operation Management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operation & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BLAIKIE, P.; DAVIS, I; CANNON, T; WISNER, B. **At Risk:** natural hazards, people's vulnerability and disasters. 1994.

BONABEAU, E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 3, p. 7280-7287, May 2002.

CACHON, G. P.; NETESSINE, S. Game Theory in Supply Chain Analysis. In: _____ **Supply Chain Analysis in the eBusiness Era.** Kluwer, 2003.

CACHON, G. P.; ZIPKIN, P. H. Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain. **Management Science**, v. 45, n. 7, p. 936-953, 1999.

CASTI, J. L. **Would-Be Worlds:** How Simulation Is Changing the Frontiers of Science. [S.l.]: John Wiley & Sons, v. 1^o, 1997.

CASTLE, C. J. E.; CROOKS, A. T. **Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations.** London, UK. September 2006.

CHEN, X.; ZHAN, F. B. Agent-Based Modelling and Simulation of Urban Evacuation: Relative Effectiveness of Simultaneous and Staged Evacuation Strategies. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, n. 1, p. 25-33, 2008.

RC. Red Cross. How to prepare for emergencies - mobile apps, 2018. Disponível em: <<https://www.redcross.org/get-help/how-to-prepare-for-emergencies/mobile-apps.html>>.

DAWSON, R.; PEPPE, R.; WANG, M. An agent based model for risk-based flood incident management. **Natural hazards**, Newcastle, UK, v. 59, n. 1, p. 167-189, 2011.

DAY, J. M.; JUNGLAS, I.; SILVA, L. Information Flow Impediments in Disaster Relief Supply Chains. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 10, n. 8, p. 637-660, 2009.

ECLAC. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Handbook for Estimating the Socio-economic and Environmental Effects of Disasters. **United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) and International Bank for Reconstruction and Development (The World Bank)**, 2003.

EM-DAT: THE INTERNATIONAL DISASTER DATABASE. **Cred Crunch 50: Natural disasters in 2017 - Lower mortality, higher cost.** Université catholique de Louvain. Brussels, Belgium. 2018.

EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Complex adaptive systems. Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up.** 3. ed. Washington, DC: Brookings Institution Press; Cambridge, MA, US: The MIT Press., v. 76, 1996.

ERGUN, O; KARAKUS. G; KESKINOC AK. P; SWANN, J; VILLARREAL, M;
Humanitarian Supply Chain Management – An Overview. Dagstuhl Seminar
Proceedings. Atlanta, Georgia. 2009.

ERNST, R. The academic side of commercial logistics and the importance of this special issue”. Vol. 18, p. 5. **Forced Migration Review**, 2003

ERTEM, M. A.; BUYURGAN, N.; ROSSETTI, M. D. Multiple-buyer procurement auctions framework for humanitarian supply chain management. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 3, p. 202-227, 2010.

FALASCA, M.; ZOBEL, C. W. A two-stage procurement model for humanitarian relief supply chains. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, 1, n. 2, 2011. 151-169.

FEMA. How Technology is Changing Disaster Management, 2018.

G1. Barragem da Vale se rompe em Brumadinho, MG. **G1 Minas — Belo Horizonte**, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/25/bombeiros-e-defesa-civil-sao-mobilizados-para-chamada-de-rompimento-de-barragem-em-brumadinho-na-grande-bh.ghtml>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

GFT. Grupo da Força-Tarefa. Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG. **Governo do Estado de Minas Gerais Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana**, Belo Horizonte, Fevereiro 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. P. 17. 4ª. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GUHA-SAPIR, D.; VOS, F.; BELOW, R. Annual Disaster Statistical Review 2011 – The numbers and trends, Brussels: CRED, 2012.

HANKEN. The Humanitarian Logistics and Supply Chain Research Institute (HUMLOG Institute), 2019. Disponível em: <<https://www.hanken.fi/en/about-hanken/organisation/departments-and-subjects/department-marketing/humlog>>.

HARREL, C.; GHOSH, B. K.; ROYCE O. BOWDEN, J. **Simulation Using Promodel**. 2ª. ed. New York: Mc Graw Hill, 2004.

HENDERSON, J. et al. Global production networks and the analysis of economic development. **Review of International Political Economy**, v. 9, n. 3ª, p. 436-464, August 2002.

HOWDEN, M. **How Humanitarian Logistics Information Systems. Can Improve Humanitarian Supply Chains: A View from the Field**. In: Proceedings of the 6th International ISCRAM Conference. Gothenburg, Sweden. 2009.

IFRC. The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies , 2018. Disponível em: <<http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/>>. Acesso em: 21 Junho 2018.

ILHAN, A. M. The Humanitarian Relief Chain. **South East European Journal of Economics and Business**, November 2011. 45-54.

INSEAD. Humanitarian Research Group. The business School for the world, 2019. Disponivel em: <<https://www.insead.edu/centres/humanitarian-research-group>>. Acesso em: 2019.

INTERNATIONAL, T. Transparency International. **How to keep desperately needed humanitarian aid out of the hands of the corrupt**, 2017. Disponivel em: <https://www.transparency.org/news/feature/how_to_keep_desperately_needed_humanitarian_aid_out_of_the_hands_of_the_cor>. Acesso em: 2019 fev. 01.

JIMENEZ, R. M. 4 low-tech solutions for communications in emergencies. **UNHCR The United Nation Refugee Agency**, 2015. Disponivel em: <<https://www.unhcr.org/innovation/4-low-tech-solutions-for-communications-in-emergencies/>>.

KANTER, R. M.; SUMMERS, D. V. Doing Better While Doing Good: Motivational Aspects of Pay-for-Performance Effectiveness in Nonprofit Organizations. **International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations**, v. 15, n. 2^a, p. 117-136, 1987.

KAPLAN, R. S. Strategic Performance Measurement and Management in Nonprofit Organizations. **NONPROFIT MANAGEMENT & LEADERSHIP**, v. 11, n. 3^a, p. 353-370, 2001.

KETCHEN, D. J.; HULT, G. T. M. **Journal of Operations Management** 25 , p. 573-580, 2007.

KOLLURU, R. V; BARTELL, S. M.; PITBLADO, R, M.; STRICOFF. R. S. **Risk Assessment and Management Handbook: For Environmental, Health, and Safety Professionals**. New York: McGraw-Hil, 1996.

KOVACS, G.; SPENS, K. Humanitarian logistics in disaster relief operations. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n. 2, p. pp. 99-114, 2007.

KOVACS, G.; SPENS, K. Identifying challenges in humanitarian logistics. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 39, n. 6, p. 506-528, 2009.

LIU, Y.; OKADA, N.; TAKEUCHI, Y. Dynamic Route Decision Model-based Multi-agent Evacuation Simulation - Case Study of Nagata Ward, Kobe. **Journal of Natural Disaster Science**, v. 28, n. 2, p. 91-98, 2008.

MACAL, C.; NORTH, M. Tutorial on agent-based modelling and simulation. **Journal of Simulation**, v. 4, n. 3, p. 151-162, September 2010.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7^a. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

MAS, E.; IMAMURA, F.; KOSHIMURA, S. **Modeling the decision of evacuation from tsunami, based on human risk perception**. DISASTER CONTROL RESEARCH CENTER. In Annual Meeting of the Tohoku Branch. 2011.

MENTH, M.; STAMM, J. L. H. **AN AGENT-BASED MODELING APPROACH TO IMPROVE COORDINATION BETWEEN HUMANITARIAN RELIEF PROVIDERS**. Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference. Manhattan, KS: IEEE. 2015. p. 3116-3117.

MENTZER, J. T. et al. Defining Supply Chain Management. **Journal of Business Logistics**, 22, n. 2, 2001.

MONTEVECHI, J. A. B. et al. **Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry**. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference. Washington, DC, USA. 2007.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. In: MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações [recurso eletrônico]**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABREPO, 2012. Cap. 8. ISBN (versão eletrônica): 978-85-352-4850-0.

MUGGY, L.; STAMM, J. L. H. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, v. 4, n. 1, p. 4-23, 2014.

NAGARAJAN, M.; SHAW, D.; ALBORES, P. Disseminating a warning message to evacuate: a simulation study of the behaviour of neighbours. **European Journal of Operational Research**, v. 220, n. 3, p. 810-819, 2012.

NAGURNEY, A.; FLORES, E. A.; SOYLU, C. A Generalized Nash Equilibrium network model for post-disaster humanitarian relief. **Transportation Research Part E** **95**, 2016. 1-18.

OLORUNTOBA, R.; GRAY, R. Humanitarian aid: an agile supply chain? **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 11, n. 2, p. 115-120, 2006.

PAHO, P. A. H. O. Humanitarian supply management in logistics in the health sector, Washington, D.C, p. 189, 2001.

PASSARINHO, N. BBC New Brasil. **Tragédia em Brumadinho: As 5 lições ignoradas após tragédia de Mariana**, 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47077083>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

PETTIT, S.; BERESFORD, A. Critical success factors in the context of humanitarian aid supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 39, n. 6, p. 450-468, 2009.

POISTER, T. H. **Measuring Performance in Public and Nonprofit Organizations**. 1ª. ed. Francisco, CA: Jossey-Bass, 2003.

POJASEK, R. B. Risk Management 101. **Environmental Quality Management**, 2008.

RENSELAER. Humanitarian Logistics Research Group, 2019. Disponível em: <<http://transp.rpi.edu/~HUM-LOG/index.shtml>>.

RICHARDSON, B. Crisis Management and Management Strategy-Time to “Loop the Loop”? **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 3, n. 3, p. 59-80, 1994.

RYAN, J.; HEAVEY, C. Process Modeling for Simulation. **Computers in Industry**, v. 57, n. 5, p. 437-450, 2006.

SAGUN, A.; BOUCLAGHEM, D.; ANUMBA, C. J. A Scenario-based Study on Information Flow and Collaboration Patterns in Disaster Management. **Disaster**, v. 33, n. 2, p. 214-238, 2009.

SARTINI, B. A. et al. **Uma Introdução a Teoria dos Jogos**. BIENAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MATEMÁTICA. Salvador/BA: Anais.Universidade Federal da Bahia. 2004.

SCOTT, R. Imagining More Effective Humanitarian Aid. A Donor Perspective. **Organisation for Economic Co-operation and Development OECD**, 2014. 34 páginas.

SHALUF, I. M. Disaster types. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, Vol. 16, n. 5, 2007. p. 704-717.

SIEBERS, P. O. et al. **A Multi-Agent Simulation of Retail Management Practices**. Proceedings of the Summer Computer Simulation Conference. San Diego, USA. 2007. p. 959-966.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, v. 4. ed. rev. atual, 2005. 138 p.

SORENSEN, J.; VEDEL, T.; HAUG, M. Natural hazards and disasters Drawing on the international experiences from disaster reduction in developing countries. **Norwegian Institute for Urban and Regional Research (NIBR)**, 16 January 2006.

TATHAM, P. H.; PETTIT, S. J. Transforming humanitarian logistics: the journey to supply network management. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 8/9, p. 609 - 622, 2010.

THOMAS, A. **Humanitarian Logistics: Enabling Disaster Response**. Fritz Institute. [S.l.]. 2003.

THOMAS, A. Leveraging private expertise for humanitarian supply chains. **Forced Migration Review**, Oxford, UK, v. 21, p. 144–122, 2004.

THOMAS, A. S.; KOPCZAK, L. R. **From logistics to supply chain management: The path forward in the humanitarian sector**. [S.l.]: Fritz Institute, v. 15, 2005. 1-15 p.

THOMAS, A.; MIZUSHIMA, M. Logistics training: necessity or luxury? **Forced Migration Review. Fritz Institute**, v. 22, p. 60-61, 2005.

TOMASINI, R. M.; WASSENHOVE, L. N. V. From preparedness to partnerships: case study research on humanitarian logistics. **International Federation of Operational Research Societies**, v. 16, n. 5, p. 549-559, Julho 2009.

UNDP. United Nations Development Programme. **A global report reducing disaster risk a challenger for development**. United Nations Development Programme Bureau for Crisis Prevention and Recovery, 2004.

- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Humanitarian Logistics in Emergencies, 2018. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/we/inform/events/54508>>.
- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **2009 UNISDR terminology on disaster risk reduction**. Geneva: United Nation, 2009.
- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. 2015.
- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **What is Disaster Risk Reduction**, 2018. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr>>.
- UNO, K.; KASHIYAMA, K. Development of Simulation System for the Disaster Evacuation Based on Multi-Agent Model Using GIS. **Tsinghua Science & Technology**, v. 13, n. 1, p. 348-353, October 2008.
- UNOCHA. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. Improving humanitarian transparency with the International Aid Transparency Initiative (IATI) and the UN OCHA Financial Tracking Service (FTS). **Background paper**, July 2017.
- UNOCHA, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. World Humanitarian Data and Trends 2018. **World Humanitarian Data and Trends**, 2018.
- VIGNA, C. M. Simulação inteligente com sistemas baseados em agentes. **Mini Paper Series**, v. 11, n. 25, Janeiro 2016.
- WAFDA, F. et al. **Agent-based tsunami evacuation simulation for disaster education**. International Conference on ICT for Smart Society. Jakarta, Indonesia. 13-14 June 2013. p. 1-4.
- WALLE, B. V. D.; EEDE, G. V. D.; MUHREN, W. J. Humanitarian Information Management and Systems. In: _____ **Mobile Response**. 2008. p. 12-21.
- WASSENHOVE, L. N. V.; MARTINEZ, A. J. P. Using OR to adapt supply chain best practices to humanitarian logistics. **International Transactions in Operational Research**, p. 307-322, 2010.
- WASSENHOVE, L. V. Blackett Memorial Lecture: Humanitarian aid logistics: supply chain. **Journal of the Operational Research Society**, Fontainebleau, France, 57, n. 5, 14 December 2006. 475-489.
- WATANUKI, H. M. et al. Gestão de projetos internacionais: um estudo bibliométrico. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 3, p. 660-675, 2014.
- WATSON, C. et al. Finance for reducing disaster risk: 10 things to know. **Overseas Development Institute**, March 2015.
- WEBSTER, J.; WATSON, R. T. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. **MIS Quarterly**, xiii-xxiii, v. 26, n. 2, p. xiii-xxiii, June 2002.

WEF, W. E. F. 4 ways technology can help us respond to disasters. **World Economic Forum WEF**, 2018. Disponivel em: <<https://www.weforum.org/agenda/2018/01/4-ways-technology-can-play-a-critical-role-in-disaster-response/>>.

WILENSKY, U. Netlogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Evanston, IL., 1999. Disponivel em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>.

WIMBERLY, R. Facebook Now Offering Alerting in Emergencies. **Emergency Management**, 2018. Disponivel em: <<http://www.govtech.com/em/emergency->

.

1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							

Period	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Revenue						
Expenses						
Net Income						
Assets						
Liabilities						
Equity						

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	150	180	450	450	0
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335	335	0
Gross Profit	40	45	60	70	115	115	0
Operating Expenses	20	25	30	35	110	110	0
Operating Income	20	20	30	35	110	110	0
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Before Taxes	15	15	25	30	85	85	0
Taxes	3	3	5	6	17	17	0
Net Income	12	12	20	24	68	68	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD
Revenue	100	120	150	180	550
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335
Gross Profit	40	45	60	70	215
Operating Expenses	20	25	30	35	110
Operating Income	20	20	30	35	105
Interest Expense	5	5	5	5	20
Income Before Taxes	15	15	25	30	75
Taxes	3	3	5	6	17
Net Income	12	12	20	24	58
Depreciation	10	10	10	10	40
Amortization	5	5	5	5	20
Change in Working Capital	10	10	10	10	40
Net Change in Cash	10	10	10	10	40

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	150	180	550	500	50
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335	300	35
Gross Profit	40	45	60	70	215	200	15
Operating Expenses	20	25	30	35	110	100	10
Operating Income	20	20	30	35	105	100	5
Net Income	15	15	20	25	75	70	5

Date		Time		Location		Weather		Remarks	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	150	180	550	500	50
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335	300	35
Gross Profit	40	45	60	70	215	200	15
Operating Expenses	20	25	30	35	110	100	10
Operating Income	20	20	30	35	105	100	5
Net Income	15	15	20	25	75	70	5

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Before Tax	15	15	13	12	55	60	(5)
Tax Expense	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	10	9	43	48	(5)

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Tax	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	10	9	43	48	(5)

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD
Revenue	100	120	150	180	550
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335
Gross Profit	40	45	60	70	215
Operating Expenses	20	25	30	35	110
Operating Income	20	20	30	35	105
Interest Expense	5	5	5	5	20
Income Before Taxes	15	15	25	30	75
Taxes	3	3	5	6	17
Net Income	12	12	20	24	58

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	150	180	550	500	50
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335	300	35
Gross Profit	40	45	60	70	215	200	15
Operating Expenses	20	25	30	35	110	100	10
Operating Income	20	20	30	35	105	100	5
Net Income	15	15	20	25	75	70	5

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Before Tax	15	15	13	12	55	60	(5)
Tax Expense	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	10	9	43	48	(5)

Item	Unit	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	\$	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	\$	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	\$	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	\$	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	\$	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	\$	5	5	5	5	20	20	0
Income Tax Expense	\$	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	\$	12	12	10	9	43	48	(5)

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Tax	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	10	9	43	48	(5)

Item	Unit	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target
Revenue		100	120	150	180	550	550
Cost of Goods Sold		60	75	90	110	335	335
Gross Profit		40	45	60	70	215	215
Operating Expenses		20	25	30	35	110	110
Operating Income		20	20	30	35	105	105
Interest Expense		5	5	5	5	20	20
Income Before Tax		15	15	25	30	85	85
Tax Expense		3	3	5	6	17	17
Net Income		12	12	20	24	68	68
EPS		1.2	1.2	2.0	2.4	6.8	6.8

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	150	180	550	500	50
Cost of Goods Sold	60	75	90	110	335	300	35
Gross Profit	40	45	60	70	215	200	15
Operating Expenses	20	25	30	35	110	100	10
Operating Income	20	20	30	35	105	100	5
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Tax	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	22	27	73	68	5

Item	Unit	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target
Revenue		100	120	150	180	550	550
Cost of Goods Sold		60	75	90	110	335	335
Gross Profit		40	45	60	70	215	215
Operating Expenses		20	25	30	35	110	110
Operating Income		20	20	30	35	105	105
Net Income		15	15	20	25	75	75

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Tax	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	10	9	43	48	(5)

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	YTD	Target	Variance
Revenue	100	120	110	130	460	450	10
Cost of Goods Sold	60	75	70	85	290	280	10
Gross Profit	40	45	40	45	170	170	0
Operating Expenses	20	25	22	28	95	90	5
Operating Income	20	20	18	17	75	80	(5)
Interest Expense	5	5	5	5	20	20	0
Income Tax	3	3	3	3	12	12	0
Net Income	12	12	10	9	43	48	(5)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

