RAQUEL FROESE BUZOGANY

**Modelagem da convergência de materiais em desastres
por meio de dinâmica de sistemas**

SÃO PAULO

2017

RAQUEL FROESE BUZOGANY

**Modelagem da convergência de materiais em desastres
por meio de dinâmica de sistemas**

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências.

Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Logísticos

Orientador: Prof. Dr. Hugo T. Y. Yoshizaki

SÃO PAULO

2017

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Buzogany, Raquel Froese

Modelagem de Convergência de Materiais em Desastres por meio de Dinâmica de Sistemas / R. F. Buzogany -- versão corr. -- São Paulo, 2017. 108 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Convergência de materiais 2. Logística humanitária 3. Dinâmica de sistemas I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

Nome: BUZOGANY, Raquel Froese

Título: Modelagem da convergência de materiais em desastres por meio de dinâmica de sistemas

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de estudar um tema de que tanto gosto, por me guiar e sustentar a cada dia, sem exceção.

Ao Prof. Dr. Hugo T. Y. Yoshizaki, meu orientador, pela atenção e paciência durante todo o período do mestrado e, especialmente, pelo zelo ao acompanhar a dissertação.

Aos colegas do laboratório, pelas discussões e trocas de ideias, principalmente ao Prof. Dr. Irineu de Brito Jr, que me ensinou a navegar no mundo da logística humanitária.

Aos meus pais, que me apoiaram em todo o tempo e com os quais eu sei que posso sempre contar. Ao meu irmão, que tanta falta faz longe, mas, ainda assim, alegre toda e qualquer situação.

Aos amigos, que nem por um segundo duvidaram que o mestrado seria possível e tanto me ouviram falar sobre esse tema nos últimos dois anos.

“The eye sees only what the mind is prepared to comprehend” (DAVIES, 1951, p. 127)

RESUMO

BUZOGANY, Raquel Froese. **Modelagem da convergência de materiais em desastres por meio de dinâmica de sistemas**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

O número de desastres vem aumentando a cada ano e a quantidade de pessoas afetadas por estes é cada vez maior. A convergência de materiais, que é o afluxo de grande quantidade de material ao local do desastre, é observada em muitos eventos e tem grande impacto sobre operações humanitárias; em especial, nos processos de logística humanitária, como transporte, processamento e distribuição de itens necessários no auxílio às vítimas. Devido a diversos efeitos negativos da convergência – por exemplo, o emprego de recursos humanos em tarefas não essenciais e a maior demora para distribuição de material prioritário -, é necessário estudar os fatores que a influenciam e, também, como suas consequências afetam o sistema em que se insere. Desta forma, utilizou-se o método de dinâmica de sistemas para desenvolver um modelo que permita, pela análise de diversos cenários, alcançar uma melhor compreensão sobre o fenômeno. O modelo, além de permitir testar políticas abordadas na literatura, também proporciona uma simulação para o preparo em desastres reais e, no âmbito acadêmico, é o primeiro modelo de convergência de materiais a integrar tanto variáveis quantitativas quanto qualitativas e propiciar uma análise de forma dinâmica no tempo. A partir do cenário base, o caso das inundações em São Luiz do Paraitinga em 2010, foram simulados 13 cenários com o objetivo de identificar quais políticas aumentariam a quantidade de material prioritário distribuído para suprir as necessidades das vítimas. No cenário base foram encontrados gargalos no transporte e na distribuição de materiais e a análise de sensibilidade ficou restrita a uma política, limitando a generalização do trabalho. Na implementação de políticas uma a uma, observa-se que a não admissão de material não prioritário atinge os melhores resultados, seguida pela política de realocação de recursos humanos para processamento de material prioritário. Já no caso de políticas mistas, o controle de admissão com uma maior disponibilidade de recursos é o cenário que mais se sobressai no auxílio às vítimas.

Palavras-chave: Convergência de materiais. Logística humanitária. Dinâmica de sistemas.

ABSTRACT

BUZOGANY, Raquel Froese. **Modelling material convergence in disasters with system dynamics**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The number of disasters is increasing each year and the amount of people affected by them is also getting bigger. Material convergence, which is the influx of large amounts of material to the disaster site, is observed in many events and has a large impact on humanitarian operations; in particular in humanitarian logistics processes, such as transportation, processing and distribution of necessary items to assist victims. Due to various negative effects of the convergence - for example, the use of human resources in non-core tasks and the longer delay for priority material distribution - it is necessary to study the factors that influence it and how its consequences affect the system. In this way, the method of system dynamics was used to develop a model that allows, through the analysis of several scenarios, to reach a better understanding about the phenomenon. The model, besides allowing to test policies approached in the literature, also provides a simulation for the preparation in real disasters and, in the academic scope, it is the first model of material convergence to integrate both quantitative and qualitative variables and to provide a dynamic analysis. Based on the baseline scenario, the case of the floods in São Luiz do Paraitinga in 2010, 13 scenarios were simulated to identify which policies would increase the amount of priority material distributed to meet the needs of the victims. Analyzing the base scenario there were found bottlenecks both in the transportation and the distribution of material and, as the sensitivity analysis was restricted to only one policy, the generalization of the presented work has been limited. In implementing policies one by one, it is observed that the non-admission of non-priority material achieves the best results, followed by the policy of reallocating human resources to processing priority material. In the case of mixed policies, admission control with greater availability of resources is the most prominent scenario in assisting victims.

Keywords: Material convergence. Humanitarian logistics. System dynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama causal de doações não solicitadas	38
Figura 2 – Parte de diagrama causal da dinâmica entre vítimas.....	40
Figura 3 - Diagrama causal da cadeia de alimentos	41
Figura 4 - Diagrama causal com ciclo B1	45
Figura 5 - Diagrama causal com ciclos B2 e B3.....	46
Figura 6 - Diagrama causal com ciclos B4 e B5.....	47
Figura 7 - Diagrama causal com ciclo B6.....	48
Figura 8 – Diagrama causal com materiais LP e NP	49
Figura 9 - Diagrama de fluxos e níveis da dinâmica de populações	53
Figura 10 - Diagrama de fluxos e níveis do processamento de materiais	55
Figura 11– Relação entre variáveis de capacidade de recursos humanos	56
Figura 12 – Relação entre variáveis de capacidade de transporte.....	58
Figura 13 – Relação entre mídia e doações.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Capacidade de rodovias após desastre.....	22
Gráfico 2 - Tempo de noticiário dado ao desastre no Haiti em 2010.....	33
Gráfico 3 - Tempo de noticiário dado ao desastre nas Filipinas em 2013.....	34
Gráfico 4 - Notícias veiculadas sobre Columbia (1999)	34
Gráfico 5 - Tempo de exposição de mídia no cenário base	62
Gráfico 6 - Controle do espaço de armazenamento no cenário base	62
Gráfico 7 - Materiais recebidos em WH no cenário base	63
Gráfico 8 – Dinâmica de avaliação de necessidades no cenário base.....	64
Gráfico 9 - Quantidade de RH no cenário base.....	65
Gráfico 10 - Horas extras trabalhadas por indivíduo no cenário base.....	65
Gráfico 11 - Processamento e distribuição de materiais LP e HP no cenário base...	66
Gráfico 12 - População necessitada e recuperada no cenário base	67
Gráfico 13 - Quantidade de material HP recebido em WH nos cenários puros.....	71
Gráfico 14 - Material HP distribuído nos cenários puros	72
Gráfico 15 - Análise de sensibilidade: efeito da frequência de avaliação na capacidade de RH em POD	74
Gráfico 16 - Análise de sensibilidade: efeito da frequência de avaliação na população recuperada	74
Gráfico 17 - Análise de sensibilidade: efeito do volume médio de doações na população necessitada.....	74
Gráfico 18 - Análise de sensibilidade: efeito da mobilização de RH na capacidade de distribuição de material HP.....	75
Gráfico 19 - Análise de sensibilidade: efeito da produtividade na quantidade de material HP processado	76
Gráfico 20 - Análise de sensibilidade: efeito da produtividade na população recuperada	76
Gráfico 21 - Análise de sensibilidade: efeito do espaço físico disponível no recebimento de doações	77
Gráfico 22 - População recuperada nos cenários mistos	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das Estruturas Organizacionais	25
Tabela 2 - Relação de estudos em convergência de materiais.....	30
Tabela 3 - Classificação das variáveis do modelo.....	45
Tabela 4 - Lista de ciclos de realimentação	49
Tabela 5 - Configurações da alocação de RH em porcentagem da capacidade de RH em POD.....	57
Tabela 6 - Categorização para a magnitude de desastres	59
Tabela 7 – Cenários puros	70
Tabela 8 - População recuperada (pessoas) nos cenários puros	70
Tabela 9 - Consolidação das variáveis de análise de sensibilidade.....	73
Tabela 10 - Cenários mistos.....	80
Tabela 11 - População recuperada (pessoas) nos cenários mistos	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACE	<i>Agency Centric Efforts</i>
CAN	<i>Collaborative Aid Network</i>
CRED	<i>Centre for Research on the Epidemiology of Disasters</i>
DC	Defesa Civil
EM-DAT	<i>Emergency Disaster Database</i>
HP	<i>High priority</i>
IFRC	<i>International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies</i>
LP	<i>Low priority</i>
NP	<i>Non-priority</i>
ONG	Organização não governamental
PIB	Produto Interno Bruto
PIE	<i>Partially Integrated Efforts</i>
POD	<i>Point of distribution</i>
RH	Recursos humanos
WH	<i>Warehouse</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	DESASTRES	18
2.1.1	Conceituação e classificação	18
2.1.2	Ciclo do desastre	18
2.2	LOGÍSTICA HUMANITÁRIA	20
2.3	CONVERGÊNCIA DE MATERIAIS.....	23
2.4	COORDENAÇÃO.....	31
2.5	MÍDIA	32
3	DINÂMICA DE SISTEMAS	35
3.1	CONCEITUAÇÃO E RELEVÂNCIA	36
3.2	APLICAÇÕES NA CONVERGÊNCIA DE MATERIAIS.....	38
4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	43
4.1	ARTICULAÇÃO DO PROBLEMA	44
4.2	HIPÓTESE DINÂMICA.....	45
4.3	O DESASTRE EM SÃO LUIZ DO PARAITINGA	50
5	O MODELO	52
5.1	ESTRUTURA DO MODELO	52
5.2	RESULTADOS.....	61
5.2.1	Cenário base	61
5.2.2	Cenários puros	67
5.2.3	Análise de sensibilidade em controle de admissão	73
5.2.4	Cenários mistos	77
6	CONCLUSÕES.....	82
	REFERÊNCIAS.....	86
	APÊNDICE A – Variáveis do modelo e suas equações	92

1 INTRODUÇÃO

De acordo com os dados da Emergency Disaster Database (EM-DAT)¹, mantido pelo Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), desde a década de 1940 o Brasil enfrentou 223 desastres, com um total de 12.451 mortos e 105 milhões de afetados, sendo os danos estimados em 22 bilhões de dólares. A maior parte das mortes ocorreu em inundações (59%), seguida por deslizamentos (11%). Os maiores danos, contudo, são atribuídos à seca (EM-DAT, 2017).

Em situações de desastres, as operações humanitárias são extremamente relevantes para suprir as necessidades dos afetados, englobando atividades que vão desde a busca e o resgate dos afetados até o restabelecimento da infraestrutura e dos serviços essenciais prejudicados (FONTAINHA et al., 2014). Um papel expressivo é exercido pela logística humanitária que, de acordo com Kovács e Spens (2007), é responsável por 80% do esforço de uma operação humanitária. A logística humanitária tem como objetivo gerenciar os fluxos de materiais desde o ponto de origem até o beneficiário final (THOMAS; MIZUSHIMA, 2005).

Observam-se, contudo, fatores – como infraestrutura danificada e demanda incerta - que dificultam ou impedem a logística humanitária de ocorrer de forma eficiente (GONÇALVES, 2008). Entre eles, os problemas relacionados a convergência de materiais, que ocorre quando “suprimentos, doações gerais e equipamentos” enviados por “governos, agências humanitárias, empresas, grupos ou indivíduos da localidade” viajam de maneira súbita e em um curto espaço de tempo ao local do desastre (FRITZ; MATHEWSON, 1957; HOLGUÍN-VERAS et al., 2012). Há várias consequências negativas deste fenômeno, entre elas, o processamento de grande volume de material não adequado às vítimas (FRITZ; MATHEWSON, 1957), o atraso na distribuição de materiais de prioridade alta (APTE, 2009) e a utilização de recursos humanos e espaço físico em atividades de baixo nível de urgência (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Consequentemente, há uma menor eficiência das

¹ Nesta base de dados um evento é classificado como desastre se 10 ou mais pessoas faleceram, ou 100 ou mais pessoas foram afetadas, feridas ou ficaram desabrigadas, ou foi feita uma declaração de estado de emergência ou pedido por assistência internacional.

operações e as necessidades das vítimas de desastres não são totalmente supridas, como relatado em Van Wassenhove (2006), Kawasaki et al. (2012), Varella; Maciel Neto e Gonçalves (2014) e Costa; Sujuki e Yoshizaki (2014).

Exemplos de problemas de convergência de materiais foram observados em desastres no Estado de São Paulo, que foi e continua sendo palco de inundações e deslizamentos. Em janeiro de 2010, a região do Vale do Paraíba Paulista foi atingida e mais de 12 mil pessoas ficaram desalojadas e desabrigadas (KAWASAKI et al., 2012); em fevereiro de 2013, Cubatão foi atingida, e mais de 1.600 pessoas ficaram desalojadas e desabrigadas (CARNEIRO et al., 2014); em janeiro de 2014, Itaoca foi atingida por uma corrida de massa vitimando 27 pessoas e obstruindo 310 residências (SOHN et al., 2015).

No Vale do Paraíba Paulista, houve interdições em vias e pontes de acesso aos municípios e centenas de quilômetros de vias terrestres foram danificadas. A campanha de doações da Polícia Militar durou apenas nove dias em razão da rápida lotação dos armazéns com a chegada de sete caminhões e diversas viaturas com doações. A triagem das doações foi realizada em Taubaté e encaminhada para os pontos de distribuição (PODs - point of distribution) nos municípios da região. A Cruz Vermelha Brasileira mobilizou 15 voluntários que participaram dos processos de gestão de doações durante 18 dias. Foram, ainda, repassados estoques emergenciais pela Defesa Civil de SP para os municípios afetados (KAWASAKI et al., 2012).

Em Cubatão, os donativos foram encaminhados a uma escola onde foram triados e, subsequentemente, distribuídos. A falta de coordenação entre os atores, contudo, intensificou a convergência de materiais e a grande quantidade de doações não pôde ser distribuída em sua totalidade às vítimas. A Cruz Vermelha e o Fundo Social de Solidariedade fizeram a gestão de estoques (CARNEIRO et al., 2014).

Em Itaoca, as doações foram armazenadas em um prédio ainda não utilizado da prefeitura. Semelhantemente ao ocorrido nos outros desastres mencionados, a grande quantidade de donativos levou a um pedido para que novas doações fossem suspensas (SOHN et al., 2015).

Solucionar o problema da convergência de material não é tarefa trivial e, como exemplificado por Sterman (2000), ao citar um trecho de Utopia de Thomas More (1516, tradução própria), “vai acontecer como em uma complicação de doenças, que ao aplicar-se um remédio a uma ferida, você irá provocar outra; e que o que remove um sintoma produz outros...”. Encontrar o fator que irá solucionar o mal e modificá-lo na medida certa exige conhecimento do sistema como um todo e não apenas de parte dele; fazê-lo sem danificar outras partes é ainda mais complexo. Também a distância no tempo entre causa e efeito é fenômeno difícil de ser compreendido pelo ser humano, que procura causa próxima ao efeito observado. Ademais, as relações não lineares entre as variáveis observadas constituem ainda fator complicador adicional ao sistema (STERMAN, 2000).

Contemplando-se os fatores acima descritos, o método de dinâmica de sistemas é uma ferramenta adequada para o estudo de operações humanitárias (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2010). O método também possibilita que sejam observados os resultados de intervenções antes que elas ocorram, o que é de extrema relevância tendo-se em consideração que, devido ao contexto do desastre, é pouco provável – para não dizer impossível - repetir o experimento, ou seja, a situação de desastre, de forma controlada e sem alterações a cada repetição (PIDD, 1999).

Neste contexto, o objetivo da presente dissertação é construir um modelo de convergência de materiais, utilizando dinâmica de sistemas, e testar políticas que possam diminuir seus efeitos negativos. O modelo deve possibilitar melhor entendimento do fenômeno e servir para o planejamento de operações humanitárias.

O trabalho teve como resultado o desenvolvimento de um modelo da convergência de materiais, que não apenas é quantitativo como também permite análises dinâmicas. Foram testadas oito políticas puras e combinações destas e, assim, chegou-se à conclusão de quais políticas adequam-se melhor ao objetivo proposto.

O restante do trabalho está dividido em 5 seções. No Capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica abordando, primeiramente, o contexto de desastres e a

atuação da logística humanitária. Em seguida, é explicitada a convergência de materiais e são descritos os fatores de influência relacionados a doações, coordenação e mídia. Por fim, evidencia-se a relevância de dinâmica de sistemas nesse contexto. No Capítulo 3, é apresentado o método de dinâmica de sistemas e são relacionadas algumas aplicações que abrangem a convergência de materiais. Em seguida, no Capítulo 4, é exposto o desenvolvimento do modelo que inclui as considerações sobre a metodologia, a articulação do problema, a hipótese dinâmica e uma breve descrição do desastre de São Luiz do Paraitinga. No Capítulo 5, são apresentados a estrutura do modelo, os testes realizados e os resultados. Por fim, no Capítulo 6, são apontadas conclusões e sugestões de trabalhos futuros, com foco nas contribuições do presente trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos que serão utilizados na modelagem de convergência de materiais. São abordados desastres, o papel e os obstáculos no âmbito de logística humanitária, a caracterização da convergência de materiais e os fatores de influência de doações, coordenação e mídia.

2.1 DESASTRES

2.1.1 Conceituação e classificação

Segundo a Federação Internacional da Cruz Vermelha, os desastres são eventos súbitos e calamitosos que interrompem o funcionamento normal de uma sociedade ou comunidade, causando perdas econômicas, humanas, ambientais ou materiais; que excedem a sua capacidade de recuperação utilizando somente recursos próprios (IFRC, 2012).

Os desastres podem ser naturais ou causados pelo homem. No primeiro caso, são classificados em geofísicos, hidrológicos, climatológicos ou biológicos; exemplos são terremotos, enchentes, secas e epidemias. No segundo caso, inserem-se desastres como acidentes nucleares, acidentes industriais e populações deslocadas (IFRC, 2011). Independentemente de sua classificação como naturais ou causados pelo homem, os desastres podem ter início súbito – como enchentes e terremotos – ou lento – como secas (VAN WASSENHOVE, 2006).

Ainda podem ser classificados segundo a severidade, mensurando, por exemplo, os impactos em quantidade de vidas humanas, danos materiais e/ou ambientais (BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2012b).

2.1.2 Ciclo do desastre

O desastre pode ser dividido em quatro fases: mitigação, preparação, resposta e recuperação (ALTAY; GREEN, 2006).

Segundo Altay e Green (2006), na fase de mitigação devem ser tomadas medidas para que o desastre não ocorra ou os seus impactos sejam mitigados. Já a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, instituída pela Lei n.º 12.608, de 10 de abril de 2012, estabelece como fases separadas a prevenção e a mitigação (BRASIL, 2012a). De acordo com Shadeck et al. (2013), na prevenção, objetiva-se avaliar e reduzir os riscos de desastres; o risco corresponde a um fator dependente da ameaça de um advento adverso combinada a um grau de vulnerabilidade da comunidade. Na mitigação, trata-se de gerir os riscos residuais – que não puderam ser totalmente anulados na prevenção – utilizando, por exemplo, monitoramento dos eventos.

Na fase de preparação, a comunidade deve ser orientada a responder adequadamente ao desastre quando da ocorrência deste (ALTAY; GREEN, 2006). Isto inclui traçar planos de comunicação, articular a coordenação dos diversos atores, desenvolver planos de ação envolvendo a logística e realizar simulados (SHADECK et al., 2013). Estudos nesta fase incluem o pré-posicionamento de suprimentos críticos, desenvolvimento de soluções para distribuição de última milha e modelagem de estoques (COZZOLINO; ROSSI; CONFORTI, 2012).

Na fase de resposta, são utilizados recursos para a preservação da vida, da propriedade, do meio ambiente e da estrutura social, econômica e política da comunidade (ALTAY; GREEN, 2006). Esta fase compreende as atividades de socorro e de assistência aos indivíduos afetados, ressaltando-se que estas ações devem ser realizadas levando-se em conta as particularidades da região afetada, como costumes e cultura (SHADECK et al., 2013). O restabelecimento de serviços básicos da maneira mais rápida possível é de fundamental importância nesta fase (COZZOLINO; ROSSI; CONFORTI, 2012). De acordo com Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011), a fase de resposta, de maneira geral, encerra-se no mais tardar em seis meses após a ocorrência de um desastre de início súbito.

A fase de recuperação refere-se a medidas com impacto de longo prazo, que têm como objetivo restabelecer uma situação de normalidade (ALTAY; GREEN, 2006). Nesta fase, a restauração da infraestrutura é um dos fatores que impacta o restabelecimento das cadeias de suprimento. Aspectos que podem ser limitadores

são: restrição na oferta de materiais, sobrecarga no sistema de disposição de detritos, avarias na rede de transporte e interdependência entre instalações (HWANG et al., 2013). A normalidade não se limita somente à situação material ou de infraestrutura, mas também diz respeito a aspectos psicológicos da população afetada; além disso, devem ser considerados nesta fase aspectos de prevenção de novos desastres, fechando, assim, o ciclo de desastres (SHADECK et al., 2013). De acordo com Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011), a fase de reconstrução pode durar entre um e 10 anos.

2.2 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

De acordo com Thomas e Mizushima (2005), logística humanitária consiste no processo de planejar, implementar e controlar o fluxo e a armazenagem de bens e materiais, bem como informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com a finalidade de atender aos requisitos do beneficiário final. O objetivo é minimizar os custos sociais, ou seja, a soma dos custos logísticos e dos custos decorrentes do sofrimento humano. A mensuração dos custos de sofrimento humano é especialmente complexa: por exemplo, o custo de privação da ajuda não é necessariamente diretamente proporcional ao tempo de privação (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Para mais considerações a este respeito, ver Pérez-Rodríguez e Holguín-Veras (2015).

A logística humanitária pode ser dividida em dois tipos: a assistência em caso de desastre – principalmente para cenários de desastre com início súbito - e o suporte contínuo para regiões em desenvolvimento (KOVÁCS; SPENS, 2007). Em cada caso, e também em cada fase do ciclo de desastres, as atividades realizadas no âmbito da logística são diferenciadas (COZZOLINO; ROSSI; CONFORTI, 2012).

Além disso, o contexto de uma cadeia de suprimentos na assistência humanitária também é permeado de peculiaridades que dificultam sua operação e planejamento. Alguns dos aspectos enfatizados por Gonçalves (2008) são:

- a) Infraestrutura parcialmente ou totalmente danificada;

- b) Demanda incerta, que exige avaliação de necessidades no local do desastre e permite pouco tempo de preparação;
- c) Escassez de recursos associada à priorização para alívio imediato; recursos avaliados de forma errônea e não atualizados;
- d) Falta de treinamento adequado para equipe de campo; estresse levando a alta rotatividade de pessoal;
- e) Cadeia de suprimentos avaliada no local e que, com frequência, precisa ser planejada e implementada em curto espaço de tempo;
- f) Gerenciamento de múltiplos *stakeholders* com objetivos conflitantes.

De acordo com Cuervo et al. (2010), na cadeia de suprimentos humanitária há três situações em que ocorrem atrasos: na avaliação de necessidades das vítimas, durante o processo de transporte dos materiais e, por fim, na distribuição destes às vítimas.

Na fase de resposta, são identificadas as funções logísticas de mobilização de recursos, aquisição, armazenamento e transporte na área de logística humanitária (LIMA, 2014).

O recebimento de recursos pode ocorrer de três formas: 1) pela mobilização de estoques preposicionados; 2) pela aquisição feita por parte das organizações que, contudo, deve ativar primeiramente a cadeia de suprimentos para que o material possa ser enviado (LIMA, 2014); 3) pelo recebimento de doações (JALLER, 2011).

A triagem das doações é, geralmente, realizada em duas etapas: na primeira, são separados os artigos que podem ser enviados daqueles que não poderão utilizados pela população afetada; na segunda, os materiais são separados de maneira que possa ser identificado um elemento (indivíduo ou família) que necessite especificamente do material em questão e os itens são embalados (LONG; WOOD, 1995).

O armazenamento pode ocorrer em diversos estágios: internacional, regional e local. Os armazéns internacionais apenas são ativados em eventos que necessitam de ajuda internacional (LIMA, 2014), caso em que também é necessário considerar –

como em qualquer recebimento de material do exterior – os procedimentos de desembaraço aduaneiro, como realizado por Kunz; Reiner e Gold (2013).

O transporte é realizado a partir das diversas fontes de suprimentos e entre cada estágio de armazenamento (LIMA, 2014). O controle e a triagem podem ocorrer nos diversos estágios de armazenamento ou apenas no POD – neste caso a totalidade do material deve ser transportada até o local do desastre (JALLER, 2011).

No Gráfico 1 é analisada a qualidade da infraestrutura de três diferentes rodovias durante sua recuperação; a número 1, percorrendo 10 km em terreno montanhoso próximo ao epicentro de um terremoto; a número 2, percorrendo 30 km em terreno montanhoso mais distante do epicentro e, a número 3, percorrendo 30 km em terreno plano. Observa-se desta forma que, de acordo com o tipo de terreno e a magnitude do desastre, o impacto na qualidade da infraestrutura é diferenciado. Além disso, foi considerado que o volume de tráfego é de tal modo intenso que também afeta a capacidade da via (PENG; PENG; CHEN, 2014).

Gráfico 1 - Capacidade de rodovias após desastre

Fonte: Peng; Peng e Chen (2014)

Na ocorrência de um desastre observam-se três tipos de convergência que afetam as operações. São eles: convergência de materiais, de informações e de pessoas. A convergência de materiais é o movimento físico de suprimentos e equipamentos, a convergência de informações constitui-se em movimentação ou transmissão de mensagens e a convergência de pessoas decorre do movimento de pessoas para o

local do desastre (FRITZ; MATHEWSON, 1957). Na próxima seção será descrita com mais detalhes a convergência de materiais, objeto de estudo específico deste trabalho.

2.3 CONVERGÊNCIA DE MATERIAIS

Formalmente, a convergência de materiais é definida por Holguín-Veras et al. (2012) como o “fluxo de suprimentos, doações gerais (solicitadas ou não solicitadas) e equipamentos que viajam para o local de desastre”, e que inclui materiais enviados por “governos, agências humanitárias, empresas, igrejas, grupos ou indivíduos da localidade”. Tal definição é mais específica do que a dada anteriormente por Fritz e Mathewson (1957), que não elaboraram de onde eram enviados os materiais nem os detalharam. Ainda, observa-se que o afluxo de materiais vindo de diversos atores para o local do desastre não seria um problema se ocorresse de maneira constante durante um longo período de tempo. Assim, os problemas na convergência de materiais ocorrem quando “suprimentos, doações gerais e equipamentos” enviados por “governos, agências humanitárias, empresas, grupos ou indivíduos da localidade” viajam de maneira súbita e em um curto espaço de tempo ao local do desastre.

As doações podem ser monetárias ou *in-kind* (“em espécie”, caso de doações de produtos ou materiais). As doações monetárias são utilizadas pelas organizações e compõem o fluxo regular destas, sendo notado pela primeira vez no estudo de caso de Arnette e Zobel (2016) que houve resultado do esforço em estimular esse tipo de doação. Como, contudo, o processamento dos materiais neste caso não é diferenciado de outros advindos das organizações, não é relevante abordar tais aspectos nesta seção; para outras questões ver Tomasini; Stapleton e Van Wassenhove (2010). Já as doações *in-kind* apresentam diversas características peculiares que devem ser mencionadas; além disso, seu volume pode ser relativamente grande nos fluxos de convergência e, desta forma, é constatada sua relevância (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).

Um aspecto positivo das doações é que fontes doadoras adicionam capacidade ao sistema, pois geralmente a necessidade imediata das vítimas não pode ser suprida tão somente pelos estoques das organizações. Também nem sempre é possível ativar a cadeia de suprimentos de empresas para a produção dos itens necessários em tempo hábil à distribuição às vítimas; no caso de doações dos produtos, estes já estão finalizados (WACHTENDORF et al., 2010).

Pode-se citar como aspectos negativos das doações a grande proporção de itens não utilizáveis (por diversos motivos: alimentos com data de validade vencida, roupas sujas, itens quebrados, etc.), a frequente precariedade das embalagens em que os donativos são entregues, bem como a falta de sua adequada identificação (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Também o descarte de doações é ponto sensível para as organizações receptoras de doações. Primeiramente, por causa do ambiente de operação, que é fortemente afetado pelo desastre, impondo restrições à cadeia logística, mas também porque a destinação dos materiais precisa levar em conta a opinião dos doadores – que não gostariam de ver suas doações não servindo para uso das vítimas (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Por causa dos aspectos negativos, a chegada das doações é também denominada de “segundo desastre” (WACHTENDORF et al., 2010).

Para melhor entender os obstáculos produzidos pelo fluxo de materiais, dos quais as doações fazem parte, precisamos analisar a sua composição. Uma classificação deste fluxo leva em conta a prioridade: a) itens de alta prioridade (*high priority*: HP) são aqueles necessários para distribuição e consumo imediatos; b) itens de baixa prioridade (*low priority*: LP) devem ser armazenados para uso posterior; c) itens não prioritários (*non-priority*: NP) são aqueles que não deveriam ter sido enviados ao local do desastre. Há fortes indícios de que itens classificados como NP excedem em 50% o material que chega ao local de desastre nas primeiras semanas. Esses donativos não podem ser distribuídos por se mostrarem inadequados à cultura local, ou por serem produtos perecíveis com data de validade já expirada, entre outros. Geralmente, os itens NP e LP não estão devidamente empacotados para a distribuição, gerando, assim, o consumo de mais recursos para seu adequado empacotamento (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).

Outra forma de caracterização dos fluxos é conforme as atividades das organizações que requisitam os materiais: atividades regulares ou não-regulares. Uma atividade regular é desempenhada quando uma organização anteriormente já atuava realizando tal atividade; por exemplo, um hospital tratando feridos. Já uma atividade não-regular é realizada quando a organização passa a desempenhar a atividade apenas em seguida à ocorrência do desastre, tal como uma associação de professores distribuindo comida. Complementando esta classificação, pode-se dividir as organizações em preexistentes e formadas na ocasião do desastre. No primeiro caso, as interações entre os membros e sua estrutura não se modificam acentuadamente devido ao desastre. No segundo caso, ainda que alguma atividade relacionada ao desastre fosse desenvolvida por algum dos indivíduos, a formalização das relações entre os membros seria realizada apenas na ocorrência do desastre (QUARANTELLI; DYNES; HAAS, 1966).

Relacionando os dois fatores identificados por Quarantelli; Dynes e Haas (1966), obtém-se uma matriz de acordo com a Tabela 1. Organizações estabelecidas são aquelas que, já existentes, desempenham suas atividades rotineiras; organizações em processo de extensão são aquelas que, embora também já existentes, assumem atividades novas à sua estrutura; organizações em expansão são aquelas que, novas, realizam atividades dantes desempenhadas pelos indivíduos; organizações emergentes são aquelas que, igualmente novas, realizam atividades novas aos seus membros.

Tabela 1 - Classificação das Estruturas Organizacionais

Estrutura/Atividade	Regular	Não-regular
Pré-existente	Estabelecida	Em extensão
Nova	Em expansão	Emergente

Fonte: adaptado de Quarantelli; Dynes e Haas (1966)

A importância em classificar as estruturas organizacionais advém da necessidade de identificação sobre quais fluxos se adequam melhor às necessidades encontradas no desastre. Holguín-Veras et al. (2014) propõem afirmar que organizações estabelecidas ou em expansão geram fluxos de materiais com maior porcentagem de itens HP, dado que podem utilizar-se de conhecimentos auferidos em

experiências passadas. Já organizações em processo de extensão ou emergentes têm maior probabilidade de gerarem fluxos com materiais LP e NP.

Quando há controle dos materiais nos pontos de entrada para a área de desastre de acordo com sua prioridade, observa-se que há uma diminuição nos atrasos dos fluxos HP, visto que itens NP são desviados, grande parte dos itens LP são retidos em locais de pré-processamento, recebendo os itens HP, desta forma, preferência na alocação de capacidade. Contudo, é necessário que haja espaço físico e mão de obra disponíveis. Além disso, é grande o tempo de inspeção para controlar itens NP, que, geralmente, não estão adequadamente identificados e empacotados. O controle pode ocorrer nos relativamente poucos pontos de entrada, quando o desastre é grande ou até mesmo caracterizado como catástrofe; já em desastres localizados, a quantidade de vias de acesso e, assim, pontos de entrada, pode ser bastante grande, dificultando o controle neste estágio (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).

Quando o controle se transfere para os pontos finais de distribuição, desloca-se os problemas já identificados para a região afetada. Além dos problemas já identificados, adiciona-se a passagem por infraestrutura danificada, as organizações que utilizam espaço para armazenamento de materiais NP e os indivíduos que não necessitariam sentir a pouca consideração de pessoas/organizações desconhecidas ao doarem materiais que denigrem a imagem dos afetados pelo desastre, como roupas sujas e sem condições de uso. E, quando não há contato para recepção e o material tem instruções de ser entregue “a qualquer um que necessitar”, os produtos são descarregados em qualquer área vazia na cena do desastre e dão origem a “lixões a céu aberto” com doações apodrecendo devido às condições do tempo (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).

Priorizar materiais, conquanto importantíssimo para o processo de controle, pode não ser um fator estático. Assim, por exemplo, um item classificado como HP pode, por sua urgência, acabar sendo adquirido por diversos atores, o que leva, subitamente, a oferta a exceder a demanda, tornando-o um material LP (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Tal dinamicidade também pode se dar pela mudança dos objetivos da operação humanitária nas diferentes fases do ciclo de desastres; desta

forma, é possível que o objetivo, inicialmente, fosse capacidade de resposta, mas, depois, o objetivo muda para eficiência. A identificação da alteração nos objetivos é vital para o gerenciamento da cadeia de suprimentos humanitária e consequente mitigação dos efeitos negativos da convergência de materiais (DAY et al., 2012).

Observa-se que, atualmente, a priorização em situações de desastre é falha, como constatado nas operações de resposta ao terremoto no Haiti, em 2010, e do tufão Haiyan nas Filipinas, em 2012. A convergência de materiais gerada pela rápida resposta dos doadores e a falta de capacidade de recebimento das doações levou a um impasse com relação à priorização de processamento das doações (MOLINE, 2013). Em ambos os casos, foram priorizados itens para tratamento e/ou distribuição de água, contudo isso foi de encontro aos objetivos das organizações doadoras e não atendeu as necessidades das populações afetadas de forma eficiente (WHO, 2010).

Assim, de maneira consolidada, as consequências negativas do aporte de material em casos de desastre encontradas na literatura são:

- a) Processamento de quantidades que excedem as necessidades das vítimas (FRITZ; MATHEWSON, 1957)
- b) Não utilização ou não necessidade de grande parte dos materiais (FRITZ; MATHEWSON, 1957).
- c) Heterogeneidade dos itens que advém da instituição ou indivíduo doador, seu conhecimento acerca das necessidades e o nível de acesso a suprimentos (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).
- d) Consumo de recursos humanos (RH) que poderiam ser utilizados em funções ou tarefas essenciais (FRITZ; MATHEWSON, 1957), gerando, assim, atraso no recebimento e processamento de materiais críticos para a operação de ajuda humanitária (APTE, 2009).
- e) Consumo de espaço físico que poderia ser utilizado para funções ou tarefas essenciais (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).
- f) Aumento do grau de congestionamento de vias por veículos nos arredores e dentro da área afetada (FRITZ; MATHEWSON, 1957).

- g) Possibilidade de ser prejudicial para a economia local (FRITZ; MATHEWSON, 1957) ou impactar a produção local (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014).
- h) Possibilidade de ser causa de conflito entre agências humanitárias ou segmentos da população (FRITZ; MATHEWSON, 1957).

Soluções foram propostas no sentido de resolver o problema da convergência de materiais. Holguín-Veras; Jaller e Wachtendorf (2012) abordam a estrutura de rede de PODs, Jaller (2011) trata da alocação de recursos humanos no controle e processamento dos fluxos de materiais, Pérez-Rodríguez e Holguín-Veras (2015) recordam a roteirização e alocação de inventário e a Organización Panamericana de La Salud (2008) dá orientações para o estabelecimento de melhores práticas de doação.

Holguín-Veras; Jaller e Wachtendorf (2012) realizaram uma análise conceitual. Eles sugerem que a reestruturação da rede de PODs aumenta a quantidade de material processado e, desta forma, mais material HP é distribuído. As estruturas identificadas pelos autores são Agency Centric Efforts (ACEs), Partially Integrated Efforts (PIEs) e Collaborative Aid Networks (CANs). As ACEs ocorrem quando organizações externas à comunidade entram na área afetada, mas não se integram a ela; poucos PODs podem ser formados, porquanto os esforços são limitados pela capacidade interna da organização. Em CANs, há grupos ou indivíduos que interagem tanto com a comunidade na área afetada quanto com a comunidade fora desta área; as organizações externas utilizam-se da estrutura da comunidade e não precisam, necessariamente, estar dentro da área afetada. PIEs seriam um caso intermediário entre ACEs e CANs; parte da capacidade da comunidade pode ser utilizada e mais PODs podem ser formados, contudo o impacto na área afetada não é tão grande quanto em CANs.

Jaller (2011) propõe que a alocação ótima de recursos humanos para o processamento e controle dos fluxos de materiais deve maximizar o fluxo de materiais HP distribuídos. Primeiramente, seriam diferenciados os fluxos regulares dos não regulares, e os materiais NP provenientes de fluxos não regulares, idealmente, poderiam ser retidos antes do ponto de entrada. Em seguida, o restante

do material não regular seria controlado e processado no ponto de entrada. O fluxo regular passaria diretamente para os PODs, sendo distribuído, finalmente, com o restante do material processado. A maior alocação de recursos humanos para o controle inicial diminuiria o esforço de processamento necessário no ponto de entrada e, além disso, o espaço de armazenamento não seria ocupado tão rapidamente com material que não o HP. A metodologia utilizada por Jaller (2011) é de otimização, não permitindo alterações ao longo do tempo, devido a análise estocástica e também não são considerados aspectos como, por exemplo, o estado da infraestrutura.

Pérez-Rodríguez e Holguín-Veras (2015) apresentam um modelo de alocação de inventário com roteirização para aumentar a taxa de distribuição de materiais às vítimas, contudo não é realizada modelagem específica para os diferentes fluxos de materiais. A metodologia utilizada é de otimização conjugada a heurísticas, não diferindo, assim, dos problemas clássicos para roteirização e alocação de inventário. Anaya-Arenas; Renaus e Ruiz (2014) fazem uma revisão de literatura que lista trabalhos que tratam de tal tema.

A Organización Panamericana de la Salud (2008) evidencia a necessidade de educação sobre doações devido à grande quantidade de material NP encontrada na convergência de materiais em desastres na América Latina. No seu material de divulgação, “Saber Donar”², são dadas instruções com relação a organização e coordenação para os doadores, para os receptores de doações, para a mídia e para determinados setores – como alimentação, água e saneamento, medicamentos e saúde pública. O objetivo de tais orientações é diminuir a quantidade de material NP que chega ao local do desastre e aumentar a quantidade de material HP.

As soluções propostas abordam o problema da convergência de materiais, contudo não o fazem de forma sistêmica e considerando a interação dos fatores ao longo do tempo. Ademais, não foi encontrado estudo de caso na literatura de efetiva implementação destas soluções, o que pode sinalizar a complexidade para sua operacionalização.

² Tradução própria: Saber Doar

Na Tabela 2 são apresentados estudos que abordam convergência de materiais detalhando o tipo de análise (quantitativa ou qualitativa), o método, o escopo e, mais especificamente, o objeto do estudo. Não foi identificado estudo que abordasse de forma sistêmica os diferentes tipos de fluxos, as variáveis e suas interações, como pretendido por este trabalho. Na seção sobre dinâmica de sistemas são comentados os estudos não relacionados na presente seção.

Tabela 2 - Relação de estudos em convergência de materiais

Estudo	Tipo de análise	Método	Escopo	Objeto
Holguín-Veras; Jaller e Wachtendorf (2012)	Qualitativa	Conceitual	Distribuição de materiais	Tipos de estruturas de distribuição
Jaller (2011)	Quantitativa	Otimização	Processamento de materiais	Alocação de recursos humanos
Pérez-Rodríguez e Holguín-Veras (2015)	Quantitativa	Otimização	Roteirização	Transporte entre <i>warehouse</i> (WH) e PODs
Organización Panamericana de la Salud (2008)	Qualitativa	Conceitual	Doações	Itens doados
Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011)	Qualitativa	Dinâmica de Sistemas	Operação humanitária	Doações
Costa (2015)	Quantitativa	Dinâmica de Sistemas	Operação humanitária	Diversos
Kunz; Reiner e Gold (2013)	Quantitativa	Dinâmica de Sistemas	Alocação de recursos	Pré-posicionamento vs. capacidade de RH
Voyer; Dean e Pickles (2015)	Quantitativa	Dinâmica de Sistemas	Cadeia de suprimentos	Informação na cadeia de suprimentos
Cuervo et al. (2010)	Quantitativa	Dinâmica de Sistemas	Cadeia de suprimentos	Centros de distribuição
Peng; Peng e Chen (2014)	Quantitativa	Dinâmica de Sistemas	Infraestrutura	Capacidade de transporte
Gonçalves (2008)	Quantitativa	Dinâmica de Sistemas	Capacidade organizacional	Capacidade a longo prazo

Fonte: elaboração própria

Outros fatores que impactam a logística humanitária e, mais especificamente, a convergência de materiais são a coordenação entre as organizações e o papel da mídia. Os tópicos seguintes abordam estes temas.

2.4 COORDENAÇÃO

Parte da complexidade de uma operação humanitária decorre da grande quantidade de *stakeholders* que desenvolvem suas atividades nas diferentes fases do desastre, sendo seu sucesso ou fracasso determinado, em parte, pela qualidade da coordenação entre os atores (CUERVO et al., 2010; FONTAINHA et al., 2014). Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011) relacionam como *stakeholders* organizações humanitárias nacionais e internacionais, governos, militares e indivíduos. Kovács e Spens (2007) identificam, além dos anteriormente citados, os doadores, os operadores logísticos e outras organizações não governamentais (ONGs). Os tipos de *stakeholders* podem não variar muito - Fontainha et al. (2014) em sua revisão de literatura os desdobra em até 10 tipos -, contudo, pode chegar a centenas a quantidade de cada tipo na cena do desastre (US CHAMBER OF COMMERCE FOUNDATION, 2015).

Além da quantidade e diversidade de atores, Balcik et al. (2010) listam como fatores que dificultam a coordenação em operações humanitárias as expectativas dos doadores e a estrutura de financiamento, os efeitos da mídia, o desequilíbrio entre oferta e demanda, a imprevisibilidade da demanda e o custo de coordenação.

Como citado anteriormente, a coordenação entre as organizações influencia a proporção de itens HP e LP que serão requeridos pelas agências humanitárias (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Nesse sentido, a eficiência da comunicação entre os atores influencia de maneira decisiva a coordenação. De acordo com Isihara (2015), há quatro níveis de comunicação - compartilhamento de informações, coordenação, cooperação e colaboração -, sendo que apenas o nível de compartilhamento de informações é passível de ser desenvolvido nas primeiras duas semanas após a ocorrência do desastre. Tal hipótese recebe confirmação de relatos

de situações nas quais agentes internacionais sequer chegaram a se identificar para o governo nacional em casos de desastres (MOORE; DANIEL; ENG, 2003).

A integração entre os atores depende também da confiança mútua, de acordo com Day et al. (2012). Ela pode ser adquirida por experiências positivas no relacionamento com a outra parte ou pela observação do investimento realizado, sendo este um critério econômico. No caso de organizações atraídas para o desastre em um processo de convergência, há pouco fundamento para a construção de confiança entre as partes (DAY et al., 2012).

2.5 MÍDIA

A cobertura de desastres pela mídia é influenciada por diversos fatores, tais como a quantidade de mortos e feridos (EISENSEE; STRÖMBERG, 2007), pessoas afetadas de outras maneiras e danos econômicos (HOUSTON; PFEFFERBAUM; ROSENHOLTZ, 2012). Quando há ocorrência de Olimpíadas ou outros eventos com grande divulgação da mídia, verifica-se que o estado de emergência – situação em que a região afetada recebe auxílio de forma mais imediata – é declarado com menor probabilidade. Além disso, a exposição dada pela mídia para desastres de início lento é menor do que para desastres de início súbito, e a resposta aos efeitos negativos é feita de forma menos contundente do que em um desastre de início súbito (EISENSEE; STRÖMBERG, 2007).

O papel da mídia no processo de divulgação de informações relacionadas ao desastre é extremamente controverso. De um lado, sua atuação como divulgadora de necessidades que podem ser supridas por populações vizinhas é positiva (BALCIK et al., 2010); também informações podem mais rapidamente chegar a diversos atores na cena do desastre (WACHTENDORF et al., 2010). Por outro lado, as informações veiculadas podem não representar corretamente as necessidades do local afetado; assim, a provável grande quantidade de itens NP afluindo ao local de desastre é um dos pontos negativos a serem considerados. Não só as informações podem ser pouco acuradas, mas também a parcialidade na divulgação dessas

informações pode gerar uma visão enviesada da situação (WACHTENDORF et al., 2010).

Houston; Pfefferbaum e Rosenholtz (2012) afirmam que parte essencial de uma reportagem é o seu enquadramento (*“framing”*) para que seja possível interpretar a situação dentro de seu contexto, de onde pode surgir o viés; contudo também citam que é possível abordar o evento de diversas perspectivas, o que mitigaria tal efeito. Além disso, a perspectiva também pode mudar com o passar do tempo; assim, uma questão inicialmente vista principalmente sob a ótica ambiental pode, posteriormente, ser vista sob a ótica política, por exemplo.

Ademais, o tempo de divulgação na mídia dado a um desastre influencia diretamente a quantidade de doações enviada ao local afetado (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2011). De qualquer modo, essa publicidade diminui com o passar do tempo e, conseqüentemente, também o volume de doações (EISENSEE; STRÖMBERG, 2007).

Costa (2015) analisou o tempo de exposição dos desastres do Haiti - Gráfico 2 -, em 2010, e das Filipinas - Gráfico 3 -, em 2013, na mídia e observou que ocorreu um pico em tempo dedicado ao desastre em noticiários logo após a ocorrência destes. Como analisado por Eisensee e Strömberg (2007), o tempo de exposição é maior em desastres com maior quantidade de mortos - como foi o caso do desastre no Haiti – do que com relação ao número de afetados – caso das Filipinas.

Gráfico 2 - Tempo de noticiário dado ao desastre no Haiti em 2010

Fonte: Costa (2015)

Gráfico 3 - Tempo de noticiário dado ao desastre nas Filipinas em 2013

Fonte: Costa (2015)

Chyi e McCombs (2004) estudaram a quantidade de notícias veiculadas pela mídia - somente pela televisão - após desastres e tiraram suas conclusões com base no desastre do tiroteio de Columbia em 1999 (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Notícias veiculadas sobre Columbia (1999)

Fonte: adaptado de Chyi e McCombs (2004)

A mídia também pode ser um veículo para que cessem as doações ou para que sejam encaminhadas para outros locais ou instituições, quando não há mais espaço de armazenamento para novas doações. Tal ocorrência foi observada em diversos desastres, como em São Luiz do Paraitinga (PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010) e em Mariana (KIEFER, 2015).

3 DINÂMICA DE SISTEMAS

De acordo com Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011) a modelagem por dinâmica de sistemas contempla adequadamente as dificuldades encontradas em operações humanitárias. Kunz; Reiner e Gold (2013) também listam as vantagens em utilizar-se este método de modelagem.

Os *feedbacks* podem ser modelados, tendo-se em vista que a dinâmica de sistemas trabalha com sistemas que não são estáticos e permite que as variáveis interajam entre si ao longo do tempo. A incerteza do ambiente pode ter seu impacto minimizado na modelagem ao identificarem-se modos de comportamento (tipos de funções) ao invés de valores exatos.

A alta rotatividade de pessoal em operações humanitárias pode levar à perda do aprendizado (GONÇALVES, 2008). Mas, mesmo que o indivíduo esteja presente em outras situações de desastres, o impacto de suas ações na fase de resposta pode dar-se apenas na fase de recuperação ou em uma área da qual ele não faça parte, não sendo possível o aprendizado por parte do indivíduo. Assim, o método auxilia a análise das relações entre variáveis no longo prazo e distanciadas umas das outras (STERMAN, 2000).

Ressalta-se, ainda, que o método é essencial para o planejamento, pois o aprendizado no local, por tentativa e erro, poderia resultar em uma grande penalidade: a perda de vidas. Por fim, é possível trabalhar com a grande quantidade de atores que usualmente compõem o cenário do desastre e capturar a complexidade de objetivos das partes envolvidas (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2011).

De acordo com Sterman (2000), cinco são as etapas que compõem o método:

- a) Inicialmente, é necessário articular-se o problema. Para tal, identificam-se o problema, as variáveis a serem consideradas, o horizonte de tempo adotado, e considera-se, na medida do possível, o comportamento histórico das variáveis identificadas;

- b) Em seguida, passa-se à formulação da hipótese dinâmica que deve ter foco nas consequências de *feedbacks* endógenos ao sistema. Esta etapa pode valer-se de várias ferramentas, como diagramas causais e mapas de estoques e fluxos;
- c) Depois, procede-se à construção do modelo de simulação. Com essa finalidade, especificam-se a estrutura e as regras do modelo, estimam-se os parâmetros, as relações e as condições iniciais e testa-se a consistência do modelo;
- d) Na sequência, testa-se o modelo, comparando-o com modelos de referência, analisa-se a sua robustez, por meio de testes de eventos extremos, e realiza-se a análise de sensibilidade, entre outros;
- e) Finalmente, elaboram-se diferentes cenários e propõem-se políticas de intervenção no sistema. As políticas sugeridas também devem ser submetidas a análises de sensibilidade, e as interações entre as políticas devem ser avaliadas.

3.1 CONCEITUAÇÃO E RELEVÂNCIA

De acordo com Sterman (2000), dinâmica de sistemas é um método para aprimorar a aprendizagem em sistemas complexos. Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011) afirmam que o método foi desenvolvido para estudar sistemas caracterizados pela presença de múltiplos *feedback loops*, incerteza e atrasos. Ademais, consegue reunir tanto elementos do comportamento humano quanto de disciplinas exatas (STERMAN, 2000).

Feedback loops necessitam de três elementos para serem caracterizados como tal: um objetivo (um estado que se almeja), monitoramento do estado atual para medir a discrepância do objetivo e um mecanismo de resposta (MEADOWS, 1999). Os *feedbacks* podem ser positivos ou negativos; nos *feedbacks* positivos o que ocorre no sistema é amplificado ou aumentado; já nos *feedbacks* negativos o efeito é de correção ou de oposição a mudanças (STERMAN, 2000).

A incerteza decorre das maneiras de mensurar que, atualmente, são utilizadas. Geralmente, tem-se a média de algo, uma amostragem, a medição de algo que ocorreu no passado, ou até mesmo a seleção errônea das variáveis que devem ser monitoradas (STERMAN, 2000).

A presença, em diversas situações, de atraso temporal entre a causa e seu efeito agrava a compreensão do fenômeno em estudo, primeiro, pelo fato de a relação não ser facilmente observável no dia a dia (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2010) e, segundo, porque a quantidade de ciclos de *feedback* concluídos para que ocorra o aprendizado é menor quando os atrasos são maiores (STERMAN, 2000). Além disso, atrasos são também uma das causas para que os sistemas oscilem; o tempo entre a observação de uma correção necessária e o ato da correção em si faz com que o sistema oscile ao redor do ponto de equilíbrio (STERMAN, 2000).

Os fatores que influenciam determinado aspecto podem não só ser muitos, como também interagir entre si ou, ainda, afetar indiretamente a situação (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2010). Além disso, há situações em que duas ou mais variáveis podem mudar simultaneamente, o que dificulta a correta interpretação do fenômeno (STERMAN, 2000).

Quando a situação é complexa, intensificam-se as assim chamadas consequências contra intuitivas de sistemas sociais, principalmente quando elas fazem referência a aspectos do comportamento humano. Nesse sentido, a dinâmica de sistemas auxilia na identificação: 1) das variáveis menos “lógicas”, mas que são a real causa do problema; 2) dos poucos pontos sensíveis de influência no sistema e o sentido correto de sua alteração para obter-se o resultado desejado; 3) do *trade-off* entre políticas de curto e de longo prazo (FORRESTER, 1995).

Na década de 1960, J. W. Forrester iniciou estudos utilizando o método de dinâmica de sistemas em cadeias de suprimento. O foco em contextos de indústria não mais persiste e, atualmente, são tratados problemas também em outras áreas, como a social, a ambiental e a energética (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2011).

3.2 APLICAÇÕES NA CONVERGÊNCIA DE MATERIAIS

Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011) apresentam o diagrama causal de doações não solicitadas (Figura 1) com três *loops*. No loop dos beneficiários um *gap* maior gera uma maior pressão sobre as organizações para que seja fornecida assistência; por sua vez, a pressão possibilita uma maior alocação de recursos para assistência e, assim, uma maior quantidade de beneficiários atendidos diminui o *gap*. Também o *loop* da mídia é um *loop* em que o sistema busca o equilíbrio, assim, uma maior quantidade de necessitados aumenta a atenção dada pela mídia e, conseqüentemente, são enviadas mais doações não solicitadas; estas aumentam a pressão sobre as organizações que então devem distribuir mais material aos beneficiários. Por fim, no *loop* de designação, as doações aumentam a pressão sobre os gargalos do sistema e uma menor quantidade de recursos é distribuída à população afetada; a atenção da mídia então aumenta e ainda mais material é doado agravando os efeitos negativos. Os efeitos de doações não solicitadas, de acordo com Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011), ainda não foram suficientemente investigados e é, segundo entendimento destes estudiosos, um campo que deve ser mais explorado.

Figura 1 - Diagrama causal de doações não solicitadas

Fonte: adaptado de Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011)

Kunz; Reiner e Gold (2013) utilizaram a dinâmica de sistemas para estudar o desempenho da resposta a partir de duas situações: com pré-posicionamento de alimento ou com disponibilização de recursos humanos durante a fase de preparação. O pré-posicionamento, em que o transporte de materiais ocorre por navio e caminhão, levou a um melhor resultado em termos de satisfação da demanda, contudo a um custo irrealizável para uma agência humanitária devido aos custos de manutenção do material. Já o investimento em recursos humanos, em que o transporte de materiais ocorre por avião, alcançou bons resultados de satisfação da demanda a um custo €2.69 milhões menor do que a primeira situação. Na análise de cenários mistos, foram encontrados os melhores resultados. Algumas limitações impostas à modelagem desenvolvida compreendem a restrição no uso de parâmetros (p.ex. tempo de transporte), a não inclusão de fatores para a variabilidade e a atuação de apenas uma organização.

Costa (2015) fez uma análise bastante abrangente de operações humanitárias tendo como horizonte de tempo o período de 365 dias e modelando os subsistemas de vítimas, capacidade logística, materiais de alívio, urgência e doadores, mídia, dinheiro, organizações, informações e decisão.

Tanto em Costa (2015) quanto em Kunz; Reiner e Gold (2013) trabalha-se com a suposição de que as vítimas necessitarão do auxílio novamente após um período de tempo, conforme Figura 2. Assim, a população necessitada é atendida uma primeira vez; a população atendida pode não necessitar novamente de material, tornando-se a população recuperada, ou pode necessitar de mais material a uma taxa de re-demanda.

O modelo de Costa (2015) prioriza a utilização da capacidade disponível. Primeiramente, é dada prioridade ao processo de distribuição e, em seguida, à aquisição, aplicação e manutenção de estoques. Tal aspecto assemelha-se ao cerne do problema abordado por Jaller (2011) ao elaborar um modelo de otimização para distribuição da capacidade de recursos humanos e sua utilização para o controle dos fluxos de materiais.

Figura 2 – Parte de diagrama causal da dinâmica entre vítimas

Fonte: adaptado de Costa (2015)

O alinhamento de decisões é tratado de forma que o total alinhamento entre as organizações corresponda a 1 e o total desalinhamento corresponda a 0. No modelo, a variável influencia também o tempo para a tomada de decisão, o que é um fator relevante, considerando-se que o horizonte de tempo trabalhado é bastante extenso e o alinhamento pode sofrer variações significativas durante o período. Por fim, são abordados aspectos psicológicos, como estresse (COSTA, 2015).

Voyer; Dean e Pickles (2015) modelaram a cadeia de suprimentos de alimentos (Figura 3) levando em consideração a informação a respeito dos estoques no centro de distribuição central, as doações condicionadas aos pedidos de auxílio das organizações e a porcentagem de infraestrutura danificada no local do desastre. Os *loops* tratam essencialmente do ajuste quanto à quantidade de material a ser comprada ou distribuída; no *loop* de “ajuste na cadeia de suprimentos”, por exemplo, um maior *gap* de alimentos necessários leva a um maior número de pedidos para reabastecer a cadeia de suprimentos que, após um *delay*, diminui o *gap* de alimentos. Quanto às conclusões, o maior desafio está em controlar-se o acúmulo de material estocado no centro de distribuição.

Cuervo et al. (2010) também aplicaram a dinâmica de sistemas à cadeia de suprimentos de alimentos, mas com diferenças nos elementos com relação à abordagem de Voyer; Dean e Pickles (2015). Na resposta ao desastre feita pela Cruz Vermelha Colombiana, os suprimentos podem ser enviados dos centros de distribuição nacionais, regionais ou estratégicos para os centros locais. No modelo, apenas um tipo de centro pode ser utilizado por vez para envio de suprimentos, restringindo, deste modo, a aplicação do modelo a casos reais. São também considerados no modelo os tempos para compra e processamento. No caso de doações, a entrada depende de pedido por auxílio feito pela organização à comunidade, não sofrendo influência por qualquer outro fator.

Peng; Peng e Chen (2014) abordaram as condições dinâmicas no estado da infraestrutura rodoviária para estudar seus efeitos no reabastecimento de suprimentos de emergência. São comparados três tipos de terrenos e/ou distâncias e observadas as variáveis capacidade da rodovia e tempo de transporte. Os autores aprofundaram a análise discutindo as estratégias de reabastecimento.

Gonçalves (2008) modelou a capacidade de uma organização em oferecer assistência humanitária a longo prazo. A medida de desempenho proposta para as operações humanitárias é de quantidade de pessoas assistidas em contraposição à quantidade de pessoas que necessitam de assistência. Dois cenários são trabalhados: o primeiro, de alocação de recursos apenas nas operações já existentes e, o segundo, de concomitante investimento em capacidade

organizacional. No primeiro caso, a curto prazo observa-se que mais recursos chegam às vítimas; a longo prazo, contudo, tal estratégia exaure os recursos, pois a falta de investimento em melhorias dos processos diminui a capacidade total da organização. No segundo caso, inicialmente uma menor quantidade de recursos alcança as vítimas, porém no longo prazo a capacidade organizacional aumenta e possibilita melhor atendimento às vítimas. Destaca-se ainda que, no longo prazo, mesmo havendo mais trabalhadores humanitários no primeiro cenário, a eficiência das operações é significativamente menor do que se comparada ao segundo cenário. Assim, chega-se à conclusão de que as organizações devem priorizar investimentos em melhorias para melhor desempenho de suas operações humanitárias.

4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Para a escolha da metodologia procurou-se, primeiramente, selecionar métodos quantitativos. Destes, foi dada prioridade a métodos que permitissem não só a interação de múltiplas variáveis, mas, também, que a interação fosse dinâmica ao longo do tempo. Além disso, observou-se a necessidade em simular tanto eventos discretos quanto contínuos. Desta forma, adotou-se o método de dinâmica de sistemas. A seguir são apresentadas algumas considerações com o propósito de delimitar de forma mais clara o escopo do trabalho.

Primeiramente, deve-se considerar que um modelo é uma representação externa e explícita de uma parte da realidade, vista pela perspectiva de quem deseja usar este modelo para – de alguma maneira – entender, mudar, gerenciar e controlar esta parte da realidade (PIDD, 1999). Assim, o trabalho não se dispõe a modelar toda a operação humanitária, mas apenas o fenômeno de convergência de materiais.

Em segundo lugar, devem ser realizadas simplificações – quando possível – para que não sejam gastos recursos desnecessários em coletas de dados referentes a operações demasiadamente detalhadas; no planejamento e controle de capacidade tal pode ser feito pela sua análise agregada – sem discriminar, por exemplo, diferentes produtos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Deve-se ter em mente qual o propósito do modelo e detalhar apenas o que for relevante (STERMAN, 2000). Dessa forma, não se propõe estudar algum item específico; pelo contrário, propõe-se fazer a análise agregada dos itens na cadeia de suprimentos dividida em três grandes categorias: NP, LP e HP.

Ainda, deve-se ter em mente que a robustez do modelo depende da precisão e acurácia dos dados disponibilizados pelos atores humanitários para o desenvolvimento do modelo (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2011).

Ressalta-se que, quando possível e pertinente, são realizadas visitas técnicas e entrevistas com especialistas para complementar o estudo do material acadêmico. Neste sentido, foi entrevistado o Coordenador da Defesa Civil de São Luiz do

Paraitinga com o objetivo de validar os dados obtidos na simulação do cenário base utilizado para o desenvolvimento do modelo.

Além disso, a dinâmica de sistemas não é um método linear, ou seja, ela não se inicia com uma entrada que é processada e cuja saída sirva, necessariamente, de entrada para a etapa subsequente; ao contrário, ela poderá servir de entrada para uma etapa anterior. O ciclo de alterações ocorrerá até que o modelo seja representado de forma fiel ao fenômeno estudado (MORRIS, 1967). Contudo, não cabe no texto da dissertação a descrição de cada um dos ciclos e transformações; assim, é apresentada tão somente a versão final de cada uma das etapas.

Por fim, existem diversos softwares desenvolvidos para a modelagem por dinâmica de sistemas no mercado. Os principais são Ithink e Vensim, respectivamente, de Isee e Ventana Systems. Pela sua acessibilidade e qualificação para a modelagem proposta neste trabalho, será utilizada a versão 5.11A do Vensim.

A seguir são apresentados os resultados de cada uma das etapas que compõem o modelo e também uma breve descrição do caso de São Luiz do Paraitinga – no qual o presente trabalho se baseou.

4.1 ARTICULAÇÃO DO PROBLEMA

O problema já foi extensivamente descrito na revisão bibliográfica e, dessa forma, esta seção apresenta a síntese do escopo do modelo.

O objetivo do modelo é que as vítimas recebam os materiais HP na maior quantidade e no menor tempo possível. As variáveis a serem consideradas como endógenas, exógenas e excluídas no modelo podem ser visualizadas na Tabela 3.

O horizonte de tempo adotado será de seis meses, duração esta que está de acordo com o que é definido como o tempo máximo de duração da fase de resposta por Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011) e também o período de tempo considerado por Kunz; Reiner e Gold (2013) para a fase de resposta.

Tabela 3 - Classificação das variáveis do modelo

Endógenas	Exógenas	Excluídas
Avaliação de necessidades	Afetados	Agenda da mídia
Capacidade de RH	Controle em WH	Agenda dos doadores
Capacidade de transporte	Coordenação entre organizações	Congestionamento
Compra de material	Educação dos doadores	Cultura
Controle de admissão	Magnitude do desastre	Custo de realocação
Doações	Material pré-posicionado	Doações monetárias
Fluxos de materiais	Política de descentralização	Legislação
Mídia	Recursos humanos disponíveis	Procedimentos aduaneiros
Produtividade	Veículos disponíveis	

Fonte: elaboração própria

4.2 HIPÓTESE DINÂMICA

Como identificado no trabalho de Besiou; Stapleton e Van Wassenhove (2011), as necessidades da população afetada são divulgadas pela mídia, que irá pressionar os doadores por doações (*in kind*). Os itens HP são recebidos em um armazém regional, transportados para os PODs e, então, processados. Por fim, a sua distribuição diminui a quantidade de pessoas que necessitam de assistência – ciclo B1 (Figura 4).

Figura 4 - Diagrama causal com ciclo B1

Fonte: elaboração própria

A população necessitada deve ser avaliada pelas organizações humanitárias para que seja identificada a necessidade de recursos humanos (RH), conforme Figura 5. A quantidade de pessoas mobilizada afeta diretamente a capacidade do sistema em processar e distribuir material HP – ciclo B2. Contudo, nos casos em que o número de pessoas não se iguala à quantidade necessitada, o *gap* de capacidade gera sobrecarga nos recursos humanos envolvidos e diminui a sua produtividade. Consequentemente, diminui a capacidade de RH do sistema - ciclo B3. Com o intuito de não poluir as figuras e fazer descrições repetitivas, não foi feita diferenciação entre o ciclo que passa tanto pelo “Material HP processado” quanto pelo “Material HP distribuído” e o que passa somente pelo “Material HP distribuído”.

Figura 5 - Diagrama causal com ciclos B2 e B3

Fonte: elaboração própria

A avaliação de necessidades também serve de base para identificar a capacidade de transporte necessária. Esta afeta a quantidade de itens transportados entre o armazém e os PODs (JALLER, 2011; LIMA, 2014) – ciclo B4. Além das doações transportadas para os PODs, também material comprado pelas organizações pode integrar o fluxo de material. Este material, já processado, diminui o *gap* de material necessário para auxílio das vítimas – ciclo B5 (Figura 6).

Figura 6 - Diagrama causal com ciclos B4 e B5

Fonte: elaboração própria

A capacidade de armazenamento é consumida pelo material que se encontra nos PODs, tanto o material que está esperando processamento quanto o já processado. A diminuição de espaço de físico tem como efeito o pedido, pela mídia, para que cessem as doações (KIEFER, 2015; PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010) e a consequência desta medida é a interrupção do envio de doações pelos doadores (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2011) – ciclo B6 (Figura 7).

Figura 7 - Diagrama causal com ciclo B6

Fonte: elaboração própria

Ao adicionar-se os materiais LP e NP ao sistema – respectivamente, ciclos B7 e B8 –, observa-se que o material NP é recebido apenas das doações, já o material LP advém tanto das doações quanto diretamente das organizações pela compra de material processado (QUARANTELLI; DYNES; HAAS, 1966). Além disso, os recursos humanos e os veículos são responsáveis, não só pelo processamento de materiais HP, mas de materiais LP e NP. Todos os materiais encontrados nos PODs – apenas transportados ou também processados – ocupam espaço de armazenamento e, assim, afetam também a exposição da mídia. Os materiais LP e NP processados não têm utilidade para as vítimas durante o período da operação de resporta, deste modo, não são distribuídos (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014). Ainda observa-se que, havendo controle de admissão de material NP, a porcentagem de espaço físico pode influenciar a quantidade de material NP admitido no armazém, configurando o ciclo R9 (Figura 8).

Figura 8 – Diagrama causal com materiais LP e NP

Fonte: elaboração própria

Na Tabela 4 estão listados os ciclos de realimentação do sistema e os respectivos componentes.

Tabela 4 - Lista de ciclos de realimentação

Ciclo	Nome	Componentes
B1	Efeito mídia	População necessitada – Exposição da mídia – Doações – Material HP recebido em WH – Material HP transportado – Material HP processado – Material HP distribuído
B2	Capacidade de RH	População necessitada – Avaliação de necessidades – Quantidade de RH – Capacidade de RH – Material HP processado – Material HP distribuído

Ciclo	Nome	Componentes
B3	Produtividade	População necessitada – Avaliação de necessidades – Gap de capacidade – Produtividade – Quantidade de RH – Capacidade de RH – Material HP processado – Material HP distribuído
B4	Capacidade de transporte	População necessitada – Avaliação de necessidades – Capacidade de transporte – Material HP transportado – Material HP processado – Material HP distribuído
B5	Compra de suprimentos	Material HP processado – Gap de material – Compra de material
B6	Capacidade de armazenamento com HP	% de espaço físico disponível – Exposição da mídia – Doações – Material HP recebido em WH – Material HP transportado – Material HP processado
B7	Capacidade de armazenamento com LP	% de espaço físico disponível – Exposição da mídia – Doações – Material LP recebido em WH – Material LP transportado – Material LP processado
B8	Capacidade de armazenamento com NP	% de espaço físico disponível – Exposição da mídia – Doações – Material NP recebido em WH – Material NP transportado – Material NP processado
R9	Controle de NP	Material NP recebido em WH – Material NP transportado – Material NP processado - % de espaço físico disponível – Controle de admissão

Fonte: Elaboração própria

4.3 O DESASTRE EM SÃO LUIZ DO PARAÍTINGA

Durante o fim de 2009 e o começo de 2010, fortes chuvas levaram a uma inundação que atingiu diversos municípios, entre eles, o mais seriamente afetado, São Luiz do Paraitinga, com 9.000 desabrigados ou desalojados (BUZOGANY et al., 2016).

Para a operação de resposta foram mobilizadas equipes de diversas organizações, entre elas, o Exército Brasileiro, a Defesa Civil Estadual e a Cruz Vermelha Brasileira. Os aspectos que mais dificultaram as operações logísticas foram o elevado número de doações a serem armazenadas e triadas e a precariedade de acesso ao local afetado dada a infraestrutura danificada pela inundação. Além disso, avarias nos sistemas de telefonia celular e nos serviços públicos – como fornecimento de energia elétrica e abastecimento de água – também impactaram a operação de resposta (KAWASAKI et al., 2012).

Devido aos danos que chegaram a R\$ 87,3 milhões, ocorreu a diminuição da oferta de emprego e de abastecimento local. A principal atividade da cidade, o turismo, foi severamente impactada devido à danificação de grande parte dos edifícios históricos (KAWASAKI et al., 2012).

5 O MODELO

5.1 ESTRUTURA DO MODELO

No modelo existem seis fluxos: dois de pessoas, um de veículos e três de materiais. Todas as variáveis, equações, dimensões e valores iniciais utilizados no modelo podem ser encontrados no APÊNDICE A.

Como identificado no trabalho de Costa (2015), a população afetada passa a ser assistida à medida que os materiais para suprimento de suas necessidades são entregues. A uma taxa de recuperação – dependente do tempo médio de recuperação (dias) –, tais indivíduos não necessitam mais de auxílio, passando a fazer parte da população recuperada. Contudo, parte da população assistida continua carente de ajuda humanitária depois que os materiais recebidos se esgotam – dependente do tempo médio para o indivíduo necessitar novamente de assistência (dias) –, ou seja, a uma taxa de re-demanda tais indivíduos voltam a fazer parte da população afetada que necessita de auxílio. Ademais, uma fração da população afetada ($dmnl$) é suscetível à morte; assim, à uma taxa de mortalidade, são contabilizados falecimentos. Na Figura 9 é apresentado o diagrama de fluxos e níveis da dinâmica de populações.

Para a avaliação do modelo é considerado, primeiramente, um cenário base de um desastre com 9000 afetados - situação semelhante ao que ocorreu no desastre de São Luiz do Paraitinga (KAWASAKI et al., 2012) -, que ocorre no dia três da simulação.

Figura 9 - Diagrama de fluxos e níveis da dinâmica de populações

Fonte: adaptado de Costa (2015)

O processamento dos materiais é dividido nos fluxos do tipo HP, LP e NP (Figura 10), conforme Holguín-Veras et al. (2014). A taxa de recebimento dos materiais depende (ton/dia): 1) das porcentagens de doações de cada tipo (dmnl) e da educação dos doadores (dmnl) (HOLGUÍN-VERAS et al., 2014) e 2) da quantidade de material comprado pelas organizações (ton/dia) e da qualidade de sua comunicação (dmnl) (DAY et al., 2012). A educação dos doadores depende do nível de instrução da sociedade quanto ao ato de doar (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2008). Assume-se que todo o fluxo de doações é não-regular; dessa forma, a porcentagem de material NP é de 60% (JALLER, 2011) e o restante é dividido igualmente entre material HP e material LP.

A qualidade da comunicação entre as organizações determinará a relação entre materiais HP e LP adquiridos, pois, quanto melhor a comunicação, mais planejamento haverá para não comprar itens duplicados. A duplicação de material

torna parte deste supérfluo e não mais necessário para atendimento das necessidades das vítimas (BALCIK et al., 2010).

Se existir política de controle de material em WH, há retenção de parte dos itens LP e de todos os itens NP; caso contrário, todo o material é transportado para os PODs. Além disso, pode existir controle de admissão de material NP (binário) de acordo com limiar (dmnl) estabelecido pelas organizações receptoras. O material NP tem de ser processado no POD e onde ocupa espaço de armazenamento (ton) deste; em seguida, uma parte deste material é descartada, mas nada é distribuído. O material HP é recebido no WH e processado, e junta-se a este fluxo o material despachado pelas organizações: tanto material preposicionado quanto material comprado no decorrer da resposta ao desastre. Em seguida, os itens são transportados para os PODs, de onde a maior parte deste material (existe uma taxa de desvio) é distribuída para a população afetada (JALLER, 2011).

A compra de material pelas organizações depende das informações coletadas a respeito de material que já se encontra na cadeia de suprimentos. O *gap* de material (dmnl) é calculado como sendo a diferença entre as necessidades e a soma dos materiais HP que já estão sendo transportados para os PODs e os processados. Assim, a compra de material é feita de acordo com as necessidades da operação e a capacidade semanal de aquisição de material das organizações. Considera-se a simplificação de que todo o material comprado pelas organizações é composto por fluxo regular e que o nível de coordenação entre elas é refletido na relação entre materiais HP e LP; assim, em uma situação em que não há compartilhamento de informações, 70% é material HP e, o restante, material LP (HOGLUÍN-VERAS et al., 2014).

As organizações não conseguem acessar em tempo real a relação de pessoas necessitadas, assim há um atraso até que tal informação possa ser utilizada; segundo Tomasini; Stapleton e Van Wassenhove (2010), a avaliação de necessidades é realizada dentro de 72 horas após a ocorrência do desastre. Além disso, a informação depende ainda da frequência em que tal avaliação pode ser realizada. As capacidades de RH e transporte desejadas permanecem constantes no valor por último identificado como necessário pela avaliação de necessidades (Figura 11).

Figura 11– Relação entre variáveis de capacidade de recursos humanos

Fonte: elaboração própria

A capacidade de RH (ton/dia) divide-se em quatro frentes: o processamento dos materiais HP, LP e NP nos PODs e a distribuição de material HP. Eventualmente parte da capacidade de RH pode ser deslocada para a retenção de material NP no WH. A quantidade total de recursos humanos (pessoas) alocados depende da quantidade de pessoas disponíveis (pessoas) e da taxa máxima de mobilização de pessoal (pessoas/dia). O esgotamento de recursos se dá pela taxa de

desmobilização de recursos humanos (pessoas/dia), que depende da taxa de rotatividade de pessoal (dias). A quantidade de RH, contudo, não é suficiente para determinar a capacidade de RH que ainda depende das horas extras trabalhadas pelos indivíduos (dmnl) e a influência desse fator na produtividade (dmnl) (BRUNIES; EMIR, 2001). Quanto maior o *gap* de capacidade (pessoas), maior a pressão sobre os trabalhadores para terminarem o trabalho não realizado. As horas a mais trabalhadas, contudo, diminuem a produtividade geral do indivíduo e afetam a capacidade de RH nos PODs. Tal fenômeno não é necessariamente observado desde o primeiro instante (UNHCR, 2007), contudo, no modelo não há diferenciação entre o tempo em que a produtividade se mantém mesmo com horas extras e quando a produtividade diminui.

Holguín-Veras (2016) observou que, em diversos desastres, grande parte dos recursos é utilizada para processar materiais NP nos PODs: em Tohoku, 1/3 da capacidade de RH estava alocada tão somente ao processamento de roupas. No modelo, há três configurações de alocação de RH: 1) a “divisão usual” utilizada no cenário base; 2) o “foco em HP” quando os recursos são alocados em sua maioria para o processamento e a distribuição de material HP e 3) o “redistribuído” no cenário em que não há admissão de material NP em WH (Tabela 5).

Tabela 5 - Configurações da alocação de RH em porcentagem da capacidade de RH em POD

Configurações/ Alocação	Processamento de NP	Processamento de LP	Processamento de HP	Distribuição de HP
Divisão usual	56%	20%	14%	10%
Foco em HP	5%	5%	45%	45%
Redistribuído	-	45%	32%	23%

Fonte: Elaboração própria

A capacidade de distribuição é necessária apenas para a distribuição de material HP, visto que os materiais LP e NP não têm utilidade para as vítimas (JALLER, 2011). O nível de descentralização é utilizado como fator multiplicador da capacidade de distribuição do sistema. A variável assume valores de 1 a 3: 1 refere-se a uma estrutura tipo ACE, 2 ao tipo PIE e 3 ao tipo CAN (HOLGUÍN-VERAS; JALLER; WACHTENDORF, 2012). Considera-se, ainda, que tal fator seria uma

média dos fatores de cada organização (analisadas tão somente de forma agregada) e, assim, têm-se valores contínuos de 1 a 3. O nível de descentralização depende da estrutura inicial na qual a comunidade se encontra e da política de descentralização, que pode aumentar a descentralização da comunidade.

A capacidade de transporte (ton/dia) depende da quantidade de veículos disponíveis (veículos), da qualidade do estado da infraestrutura (dmnl) e da distância média entre WH e POD (km) - conforme Figura 12. Assim que se iniciam os trabalhos de recuperação da infraestrutura, ocorrem a liberação e remoção de bloqueios e interdições (PENG; PENG; CHEN, 2014). Contudo, a recuperação total da infraestrutura não estará necessariamente finalizada com a remoção de entulho. De acordo com relatório apresentado pela Controladoria-Geral da União (BRASIL, 2014), no Brasil, as obras realizadas devido à ocorrência de situação de emergência ou de estado de calamidade pública ultrapassam o período estipulado de 180 dias para obras com dispensa de licitação.

Figura 12 – Relação entre variáveis de capacidade de transporte

Fonte: elaboração própria

A magnitude do desastre (dmnl) tem efeito sobre o estado da infraestrutura logo após a ocorrência do desastre e é dividida em três categorias. Dado que a categorização definida pelo Ministério da Integração separa os desastres em apenas dois níveis de severidade (BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2012b), optou-se por utilizar a categorização da organização World Vision (WORLD VISION, 2016), especializada em operações de resposta nos Estados Unidos, conforme Tabela 6. De acordo com essa classificação, o desastre de São Luís do Paraitinga se encontra na categoria 2.

Tabela 6 - Categorização para a magnitude de desastres

Critérios/Categorias	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Pessoas afetadas	Menos de 50.000	Entre 50.000 e 100.000	Mais de 100.000
Desabrigados e/ou desalojados	Não	Sim, em uma área pequena.	Sim, em uma área grande.
Mortalidade	Não	Sim ou com alto potencial	Sim
Danos materiais	Localizados	Significativos	Severos

Fonte: Adaptado de World Vision (2016)

A contratação e a desmobilização do transporte (veículos/dia) ocorrem de maneira similar às de recursos humanos. Como não foram encontrados relatos de congestionamentos afetando operações humanitárias no Brasil, tal aspecto não foi considerado na modelagem.

O espaço físico (ton) pode ser ocupado até o limite da capacidade de armazenamento dos PODs. Se houver política de controle de admissão (dmnl), o material NP deixa de ser recebido e pode haver liberação de espaço físico, conquanto o material que já se encontrava na cadeia de suprimentos não ocupe o espaço de armazenamento. Quando é alcançada a capacidade máxima de armazenamento, é feito o pedido para que a mídia cesse o apelo por doações.

O tempo de exposição da mídia (min/dia) é influenciado por diversos fatores: a magnitude do desastre (dmnl), a quantidade de afetados (pessoas), o *gap* de população necessitada (dmnl), a quantidade de óbitos (pessoas) e o espaço físico disponível (ton) (Figura 13) (EISENSEE; STRÖMBERG, 2007; HOUSTON;

PFEFFERBAUM; ROSENHOLTZ, 2012). Considerado os dados do estudo de Chyi e McCombs (2004) e também a análise de notícias veiculadas para os desastres de Xanxerê, em 2015, e Mariana, em 2016 (CISLOG, 2017), foi observado que a diminuição do número de notícias ocorre em dois estágios. Logo após o desastre a divulgação é intensa com um pico, em média, no segundo dia após o desastre. A intensidade depende dos fatores relacionados por Eisensee e Strömberg (2007). Após um período que depende das características do desastre e da quantidade de pessoas necessitadas, a quantidade de notícias veiculadas diminui para uma fração da intensidade anterior. Estas análises foram utilizadas para calibrar os parâmetros do modelo.

A população exposta à mídia deve ser sensibilizada pela quantidade de tempo de exposição e, então, são enviadas doações pelos doadores. De acordo com Tomasini; Stapleton e Van Wassenhove (2010), o apelo por doações inicia-se até o quinto dia; depois, as organizações devem estar preparadas para receberem as doações.

Figura 13 – Relação entre mídia e doações

Fonte: elaboração própria

5.2 RESULTADOS

Kunz; Renier e Gold (2013) ressaltaram os obstáculos encontrados ao disporem-se a comparar os resultados de modelos de dinâmica de sistemas ao analisarem um problema ainda pouco estudado.

Para avaliar a consistência do modelo, Sterman (2000) sugere diversas questões a serem consideradas durante o processo de modelagem que foram abordadas, quando pertinentes. Além disso, ele lista tipos de testes que podem ser realizados durante e ao final da modelagem – destes, os mais relevantes para avaliação da estrutura do modelo são teste de análise dimensional e testes de valores extremos.

Para o teste de análise dimensional é utilizada a ferramenta do próprio *software* que realiza tal diagnóstico. Nos testes de valores extremos, por exemplo, verifica-se: 1) se há processamento quando não há doações nem compra pelas organizações; 2) se há apelo da mídia quando não há afetados; 3) se ocorrem doações quando não há capacidade de armazenamento disponível.

Nas próximas seções são apresentados os resultados dos cenários. Primeiramente, foi trabalhado o cenário base utilizando-se os dados do desastre de São Luiz do Paraitinga para validação do modelo. Em seguida, foram testadas oito políticas separadamente nos chamados “cenários puros” e foi realizada a análise de sensibilidade da política com melhores resultados. Por fim, foram testadas cinco políticas que são uma mistura de políticas puras nos “cenários mistos”.

5.2.1 Cenário base

Para explorar o modelo, inicialmente foi desenvolvido o cenário base de acordo com os dados do desastre de São Luiz do Paraitinga.

A mídia começa a veicular notícias já no dia seguinte ao desastre, com um pico no segundo dia e, depois de 30 dias, segue a taxas bastante baixas (Gráfico 5). A sensibilização para que ocorram doações, contudo, se dá por 63 dias após o

desastre (Gráfico 6), o que está de acordo com o Coordenador da Defesa Civil (DC) de São Luiz do Paraitinga, que confirmou que passados 60 dias não havia mais espaço de armazenamento para recebimento das doações e foi pedido à mídia que cessassem os esforços para sensibilização da audiência (RODRIGUES, 2017)³.

Gráfico 5 - Tempo de exposição de mídia no cenário base

Fonte: elaboração própria

Gráfico 6 - Controle do espaço de armazenamento no cenário base

Fonte: elaboração própria

³ Informações fornecidas por Rodrigues via contato telefônico em 01 de fev. de 2017.

No Gráfico 7 observa-se as quantidades recebidas dos diferentes materiais. Como a relação entre materiais LP e NP inicialmente é de 1:1, a quantidade de material apenas se altera a partir do momento em que é realizado o controle de admissão de acordo com o limiar estabelecido no modelo - quando apenas 20% do espaço de armazenamento está livre, não é mais admitido material NP e apenas 50% do material LP. Ainda, o material começa a ser recebido a partir de quatro dias após o desastre, respeitando os atrasos.

Fonte: elaboração própria

As organizações prestando ajuda humanitária baseiam-se na avaliação de necessidades, que se mantém constante até que nova avaliação seja realizada (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Dinâmica de avaliação de necessidades no cenário base

Fonte: elaboração própria

A quantidade de RH (Gráfico 9) e a quantidade de veículos seguem as oscilações apresentadas pela avaliação de necessidades. De acordo com o Coordenador da DC (RODRIGUES, 2017), após a primeira semana começaram a chegar pessoas dispostas a trabalharem no processamento e distribuição dos materiais (imediatamente após o desastre havia apenas “curiosos”), resultado similar ao encontrado no modelo. Além disso, segundo o Coordenador, durante os dois primeiros meses havia aproximadamente 300 voluntários auxiliando nas atividades de processamento e distribuição de materiais, quantidade atingida após aproximadamente 30 dias no modelo e que se mantém por um tempo um pouco menor do que o período mencionado.

Gráfico 9 - Quantidade de RH no cenário base

Fonte: elaboração própria

A quantidade de horas extras trabalhadas por indivíduo (Gráfico 10) evidencia que durante grande parte do tempo da operação de resposta os recursos humanos trabalham além da jornada de trabalho estipulada e sua produtividade cai durante esses períodos, de acordo com os resultados da simulação.

Gráfico 10 - Horas extras trabalhadas por indivíduo no cenário base

Fonte: elaboração própria

Observa-se que o gargalo na cadeia de suprimentos no cenário base está no transporte de material. Aumentando tanto a quantidade de veículos disponíveis quanto a taxa de mobilização de veículos, obtém-se uma maior população recuperada em menor tempo. Também aumentando a taxa de mobilização de recursos humanos há um aumento da quantidade de pessoas atendidas logo após o desastre; contudo, uma aumento da quantidade de recursos humanos disponíveis não enseja maior distribuição de material e conclui-se que, no cenário base, o processamento e distribuição de materiais não se constitui em gargalo.

A distribuição de material HP ocorre logo depois que o material é processado e, assim, não é mantido um estoque grande de material HP processado. Apenas o material LP processado é acumulado (Gráfico 11).

Fonte: elaboração própria

Por fim, no Gráfico 12 são apresentados os comportamentos das variáveis de população necessitada e população recuperada. De acordo com o Coordenador da DC, entre 15 e 20 dias após o desastre grande parte dos desabrigados estava retornando para as suas casas; aqueles que moravam em áreas de risco interditadas pela prefeitura não puderam retornar nesse período (RODRIGUES,

2017). Observa-se no gráfico que, no cenário base, a população necessitada decresce de forma substancial no período.

Já a ajuda humanitária continuou sendo prestada durante um longo período de tempo; segundo o Coordenador, as doações continuaram a ser utilizadas e distribuídas durante um ano inteiro após o desastre (RODRIGUES, 2017). Ainda que o período de análise do modelo se restrinja a seis meses, pode-se supor que parte das doações já tenham sido utilizadas no esforço de recuperação, e não de resposta (BESIOU; STAPLETON; VAN WASSENHOVE, 2011).

Fonte: elaboração própria

5.2.2 Cenários puros

A partir do cenário base, foram testadas políticas – uma por vez – em oito cenários, denominados “cenários puros”:

- Controle de admissão: não admitir itens NP no WH e receber apenas metade dos itens LP no WH; neste caso, as capacidades de RH e de transporte de material NP são realocadas para os outros fluxos de acordo com a divisão usual anteriormente existente;

- b) Foco em HP: alocar os recursos humanos de forma a concentrarem-se no fluxo de material HP;
- c) Política de descentralização: ampliar a extensão da rede de conexões na comunidade de forma a aumentar a capacidade de distribuição de material HP;
- d) Recursos disponíveis: acrescentar veículos disponíveis ao sistema;
- e) Material pré-posicionado: aumentar a quantidade de material pré-posicionado;
- f) Educação dos doadores: admitir uma maior adequação dos doadores às necessidades da população afetada e, assim, elevar a porcentagem de material HP e LP enviada pelos doadores e diminuir a quantidade de material NP;
- g) Coordenação: assumir um maior nível de coordenação entre as organizações na compra de material, ou seja, uma proporção maior de material HP em relação a material LP;
- h) Controle em WH: alocar uma parcela dos recursos humanos para realizarem a retenção de material NP no WH.

Na Tabela 7 são apresentados os valores assumidos pelas variáveis em cada um dos cenários e foram destacadas as variáveis com valor diferente do cenário base.

Na Tabela 8 é observada a recuperação dos indivíduos afetados pelo desastre após: 1) três semanas, quando a primeira política atinge 50% da população afetada (4500 pessoas – ocorre no dia 39 para a política de controle de admissão); 2) dois meses após o desastre e 3) quando a primeira política atinge 90% da população afetada (8100 pessoas – ocorre no dia 81 para a política de controle de admissão).

A segunda política com melhores resultados no curto prazo foi a política de foco em HP que ainda necessita de quatro dias para atingir 50% da população afetada e no cenário base tal número é alcançado apenas seis dias após a política de controle de admissão. Logo de início uma maior disponibilidade de recursos humanos para processamento e distribuição de material HP é o fator que mais se destacou para atendimento das vítimas.

As políticas com melhores resultados no longo prazo, controle de admissão e recursos disponíveis, tiveram uma quantidade menor de material recebido em comparação com as outras políticas (Gráfico 13). As quantidades, contudo, foram suficientes para atender toda a demanda e, por isso, a menor quantidade de material não foi um fator negativo, pelo contrário, no controle de admissão os recursos inclusive puderam ser melhor alocados dada a menor necessidade de processamento de material NP e LP. A menor quantidade de material obtida é justificada por um maior processamento inicial que mais rapidamente faz o espaço de armazenamento ser ocupado e a mídia cessa o apelo por novas doações.

Tabela 7 – Cenários puros

Cenários/Variáveis	Limiar para admissão de NP (dmnl 0 a 1)	Foco em HP (dmnl binário)	Política de descentralização (dmnl inteiro 0 a 2)	Recursos disponíveis (veículos)	Material pré- posicionado (ton)	Educação dos doadores (dmnl 0 a 1)	Coordenação (dmnl 0 a 1)	Controle em WH (dmnl)
Controle de admissão	1	0	0	5	15	0.4	0.7	0
Foco em HP	0.2	1	0	5	15	0.4	0.7	0
Política de descentralização	0.2	0	2	5	15	0.4	0.7	0
Recursos disponíveis	0.2	0	0	10	15	0.4	0.7	0
Material pré-posicionado	0.2	0	0	5	50	0.4	0.7	0
Educação dos doadores	0.2	0	0	5	15	0.8	0.7	0
Coordenação	0.2	0	0	5	15	0.4	1	0
Controle em WH	0.2	0	0	5	15	0.4	0.7	1
BASE	0.2	0	0	5	15	0.4	0.7	0

Fonte: elaboração própria

Tabela 8 - População recuperada (pessoas) nos cenários puros

	3 semanas (dia 24)	50% recuperado (dia 39)	2 meses (dia 63)	90% recuperado (dia 81)
Controle de admissão	1716	4523	7116	8116
Foco em HP	1476	3816	6916	8022
Política de descentralização	1305	3781	6676	7815
Recursos disponíveis	838	3327	6642	7807
Coordenação	838	3327	6599	7695
Material pré-posicionado	838	3327	6599	7683
Educação dos doadores	838	3327	6578	7683
BASE	838	3327	6578	7642
Controle em WH	587	2199	6011	7598

Fonte: elaboração própria

Gráfico 13 - Quantidade de material HP recebido em WH nos cenários puros

Fonte: elaboração própria

Ainda que no cenário de maior educação dos doadores mais material HP seja recebido, a limitação na quantidade de veículos tem como consequência que apenas parte do material recebido é efetivamente utilizado pelas vítimas, assim, uma maior educação dos doadores não tem necessariamente como consequência uma maior distribuição de material às vítimas (Gráfico 14).

Por fim, é interessante ressaltar que o controle de material NP no WH é a política que apresenta os piores resultados. Alocar recursos humanos para reter parte do material NP que entra no fluxo de materiais não se revelou como sendo suficiente para manter espaço de armazenamento livre para a entrada de material HP e garantir uma maior distribuição.

Gráfico 14 - Material HP distribuído nos cenários puros

Fonte: elaboração própria

5.2.3 Análise de sensibilidade em controle de admissão

Com relação à política com melhores resultados, controle de admissão, são analisadas algumas variáveis para análise de sensibilidade: frequência de avaliação de necessidades, volume médio de doações, taxa de mobilização dos recursos humanos, produtividade normal de RH e espaço físico inicial. A consolidação das variáveis é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Consolidação das variáveis de análise de sensibilidade

Variável	LI	LI %	LI - Pop recuperada	LS	LS%	LS - Pop recuperada	Base
Frequência de avaliação de necessidades	3 dias	60%	99,81%	12 dias	240%	103,12%	5 dias
Volume médio de doações	1 kg	20%	72,53%	10 kg	200%	100%	5 kg
Taxa de mobilização de recursos humanos	10 pessoas/dia	50%	75,43%	30 pessoas/dia	150%	101,35%	20 pessoas/dia
Produtividade normal de RH	10 kg/dia	17%	25,52%	100 kg/dia	167%	101,45%	60 kg/dia
Espaço físico inicial	100 ton	14%	100%	1000 ton	143%	100%	700 ton

Fonte: elaboração própria

Na Tabela 9, LI corresponde ao limite inferior utilizado na análise e LS ao limite superior. As porcentagens de LI e LS indicam qual a correspondência entre o valor utilizado no cenário base e os limites testados. Nas colunas referentes a população recuperada identifica-se o quanto da população foi recuperada após 30 dias da ocorrência do desastre em comparação com a população recuperada nesse período no cenário base.

A frequência de avaliação de necessidades varia entre 3 e 12 dias (Gráfico 15) sendo que no cenário base foi utilizado o valor de 5 dias. Ainda que na frequência maior a capacidade diminua mais rapidamente a partir de um mês e meio após o desastre, observa-se que uma quantidade ligeiramente maior de pessoas é atendida nessa situação (Gráfico 16).

Gráfico 15 - Análise de sensibilidade: efeito da frequência de avaliação na capacidade de RH em POD

Fonte: elaboração própria

Gráfico 16 - Análise de sensibilidade: efeito da frequência de avaliação na população recuperada

Fonte: elaboração própria

O volume médio de cada doação realizada varia entre 1 e 10 kg (Gráfico 17) sendo que no cenário base foi utilizado o valor de 5 kg. As curvas das doações de 3, 5 e 10 kg se sobrepõem e observa-se que, a partir de 3 kg toda a população necessitada é atendida.

Gráfico 17 - Análise de sensibilidade: efeito do volume médio de doações na população necessitada

Fonte: elaboração própria

A mobilização de recursos humanos varia entre 10 a 30 pessoas/dia (Gráfico 18) sendo que no cenário base foi utilizado o valor de 20 pessoas/dia. A diferença na população recuperada entre as mobilizações de 20 a 30 pessoas/dia não é significativa e apenas no caso de 10 pessoas/dia a recuperação é um pouco mais lenta.

Gráfico 18 - Análise de sensibilidade: efeito da mobilização de RH na capacidade de distribuição de material HP

Fonte: elaboração própria

A produtividade normal dos recursos humanos varia entre 10 a 100 kg/hora (Gráfico 19) sendo que no cenário base foi utilizado o valor de 60 kg/hora. Apenas no caso de produtividade de 10kg/hora o material é acumulado e não consegue ser eficientemente distribuído às vítimas (Gráfico 20).

Gráfico 19 - Análise de sensibilidade: efeito da produtividade na quantidade de material HP processado

Fonte: elaboração própria

Gráfico 20 - Análise de sensibilidade: efeito da produtividade na população recuperada

Fonte: elaboração própria

O espaço físico inicial varia entre 100 e 1000 ton (Gráfico 21) sendo que no cenário base foi utilizado o valor de 700 ton. Independente do espaço físico inicial a quantidade de material HP recebida é suficiente para atender a população de forma igual em todas as situações.

Gráfico 21 - Análise de sensibilidade: efeito do espaço físico disponível no recebimento de doações

Fonte: elaboração própria

5.2.4 Cenários mistos

Ademais, foram testados cinco cenários mistos com políticas concomitantes:

- Controle de admissão + Foco em HP: políticas que obtiveram os melhores resultados na primeira metade do período de 180 dias;
- Controle de admissão + Recursos disponíveis: políticas que obtiveram os melhores resultados na segunda metade do período de 180 dias;
- Foco em HP + Recursos disponíveis: políticas voltadas para os recursos;
- Política de descentralização + Educação dos doadores: políticas voltadas para a participação da sociedade na qual o desastre ocorre;
- Coordenação + Material pré-posicionado: políticas voltadas para os esforços de gerenciamento das organizações.

Na Tabela 10 são apresentados os valores assumidos pelas variáveis em cada um dos cenários e foram destacadas as variáveis com valor diferente do cenário base.

Na Tabela 11 é observada a recuperação dos indivíduos afetados pelo desastre após 1) três semanas, quando a primeira política atinge 50% da população afetada (4500 pessoas – ocorre no dia 35 para a política de controle de admissão com recursos disponíveis); 2) dois meses após o desastre e 3) quando a primeira política atinge 90% da população afetada (8100 pessoas – ocorre no dia 73 para a política de controle de admissão com recursos disponíveis). A recuperação de 50% da população ocorre 4 dias antes da melhor política pura e a recuperação de 90% é atingida 8 dias antes da melhor política pura.

A política de controle de admissão com foco em HP necessita de apenas mais um dia para atingir 50% da população afetada e no cenário base ainda seriam necessários 10 dias para tal (Gráfico 22).

Gráfico 22 - População recuperada nos cenários mistos

Fonte: elaboração própria

Tabela 10 - Cenários mistos

Cenários/Variáveis	Limiar para admissão de NP (dmnl 0 a 1)	Foco em HP (dmnl binário)	Política de descentralização (dmnl inteiro 0 a 2)	Recursos disponíveis (veículos)	Material pré- posicionado (ton)	Educação dos doadores (dmnl 0 a 1)	Coordenação (dmnl 0 a 1)	Controle em WH (dmnl)
Controle de admissão + Foco em HP	1	1	0	5	15	0.4	0.7	0
Controle de admissão + Recursos disponíveis	1	1	0	10	15	0.4	0.7	0
Foco em HP + Recursos disponíveis	0.2	1	0	10	15	0.4	0.7	0
Coordenação + Material pré-posicionado	0.2	0	0	5	50	0.4	1	0
Política de descentralização + Educação dos doadores	0.2	0	2	5	15	0.8	0.7	0

Fonte: elaboração própria

Tabela 11 - População recuperada (pessoas) nos cenários mistos

	3 semanas (dia 24)	50% recuperado (dia 35)	2 meses (dia 63)	90% recuperado (dia 73)
Controle de admissão + Foco em HP	2079	4356	7635	8104
Controle de admissão + Recursos disponíveis	1925	4225	7125	7732
Foco em HP + Recursos disponíveis	1763	3644	7119	7676
Política de descentralização + Educação dos doadores	1305	3159	6739	7377
Coordenação + Material pré-posicionado	838	2364	6578	7283
BASE	838	2364	6559	7242

Fonte: elaboração própria

A política de controle de admissão com recursos disponíveis é a política mista em que a menor quantidade de materiais é suprida pelas organizações. Apenas nas primeiras três semanas é enviado material, sendo que na maioria dos outros cenários tal ocorre até a nona semana. Também são essas as políticas que ocupam até aproximadamente 80% do espaço de armazenamento, não sendo necessário impedir o fluxo de doações com sinalizações da mídia.

O cenário de coordenação com material pré-posicionado pelas organizações não consegue alocar de forma satisfatória os recursos humanos, assim, o material disponível não consegue ser rapidamente distribuído devido à menor proporção de recursos humanos na distribuição de material HP em comparação com as políticas em que há readequação da capacidade de mão de obra.

A política de descentralização com educação dos doadores oferece apenas uma multiplicação da capacidade de distribuição de material HP e que ainda é menor do que o aumento de capacidade no caso de maior disponibilidade de recursos humanos, sendo observado um resultado menos satisfatório nessa política mista.

6 CONCLUSÕES

Como colocado de forma objetiva por Holguín-Veras et al. (2012), faltam estudos que abordem a quantificação dos itens HP, LP e NP e o impacto dos diferentes fluxos de materiais na operação humanitária. Este trabalho contribui com uma análise quantitativa e dinâmica da convergência de materiais. As políticas propostas até então pela literatura são em sua maioria quantitativas e carecem de dados para satisfatória avaliação; já o modelo de dinâmica de sistemas permite que tais políticas sejam melhor examinadas e, ainda, que sirvam para a preparação em desastres futuros.

Conforme estabelecido nos objetivos do trabalho, foi construído um modelo de convergência de materiais utilizando dinâmica de sistemas e foram testadas diversas políticas. Assim, foi possível obter um melhor entendimento do fenômeno pelo estudo dos fatores que o influenciam e o modelo pode servir como ferramenta para o planejamento de operações humanitárias. O modelo foi desenvolvido com 111 variáveis e, destas, 32 são variáveis de entrada.

O método de dinâmica de sistemas mostrou-se adequado para a análise do fenômeno da convergência de materiais no âmbito da logística humanitária. Os diversos *feedback loops*, as incertezas e os atrasos puderam ser modelados satisfatoriamente e também a grande quantidade de variáveis e suas inter-relações foram consideradas no modelo. A dinâmica de sistemas auxiliou na identificação dos pontos sensíveis no sistema e a dinâmica no tempo pôde ser observada e analisada.

Com o objetivo de simplificar o uso do modelo, isto é, diminuir a quantidade de dados necessários para a simulação, observa-se que poderia ser diminuída a estrutura relativa a mídia e a doações, pois o essencial é apenas que haja uma quantidade suficiente de material sendo doado a ponto de tornar o fluxo constante.

O cenário base utilizado no modelo levou em conta os dados referentes ao desastre ocorrido em São Luiz do Paraitinga em 2010. Depreende-se deste cenário que os maiores obstáculos para o efetivo auxílio às vítimas são o transporte e a atividade de

distribuição dos materiais. Além disso, o material LP não é distribuído dado que esse é material que não se utiliza dos canais de distribuição utilizados pelo material HP.

Os cenários puros levaram em conta oito políticas testadas uma a uma no sistema. Conclui-se que o controle de admissão é a política mais efetiva e políticas que parecem otimizar a ajuda às vítimas na realidade apresentam resultados piores do que a não interferência - como é o caso da política de controle em WH. Ademais, uma maior disponibilidade de recursos humanos para processamento e distribuição de material HP destacou-se como fator que mais influenciou o atendimento das vítimas.

Nos cenários mistos foram testadas políticas duas a duas, escolhidas de acordo com os resultados dos cenários mistos. Depreende-se que a junção das melhores políticas não é, necessariamente, a melhor opção e é possível que as políticas devam ser adaptadas à medida que a operação de resposta se desenvolve.

Foram testados pontos sensíveis ao sistema apenas na análise de sensibilidade da melhor política pura, o controle de admissão. Assim, os resultados do modelo não podem ser generalizados. Da análise de sensibilidade conclui-se que alterações na frequência de avaliação de necessidades e no espaço físico disponível não influenciaram em grande medida a população recuperada; já alterações no volume médio de doações, na taxa de mobilização de RH e na produtividade normal de RH resultaram em mudanças significativas a quantidade de pessoas recuperadas.

Finalmente, verifica-se que a análise da operação de resposta em um intervalo de tempo de 180 dias foi mais do que suficiente, dado que a maior parte dos esforços se deu na primeira metade desse período. Ademais, a quantidade de recursos humanos nesse caso específico foi muito grande; de acordo com relatos de outros desastres, em outras situações certamente há maior limitação na capacidade de processamento.

Como sugestão de trabalhos futuros há outros elementos a serem adicionados ao modelo, outras políticas e cenários a serem testados e ainda aspectos da

convergência de materiais que precisam ser mais estudados, conforme listado a seguir.

Entre os elementos que podem ser agregados ao modelo estão as variáveis que foram excluídas desse modelo (conforme Tabela 3), mudanças na priorização de material e na coordenação entre as organizações durante a operação de resposta, avaliação de recursos levando em conta previsões de necessidades de longo prazo, utilização dos recursos humanos para outras atividades no local do desastre, desagregação das atividades de triagem e embalagem, distinção entre taxas de processamento para os diferentes materiais, diferenciação de materiais de consumo no auxílio às vítimas e materiais permanentes e, ainda, atrasos devido a embarços aduaneiros em desastres com repercussão internacional.

Há diversas políticas que poderiam ser testadas, entre elas: outras formas de alocação de recursos humanos, cooperação com instituições que reutilizam material de donativos, maior preparação antes da ocorrência do desastre e políticas mistas além daquelas apresentadas na dissertação. Outros cenários poderiam incluir desastres maiores ou menores e diferentes categorias de desastre – como terremotos e furacões – com suas singularidades. Ainda ressalta-se que encontrar a divisão ótima da capacidade de recursos humanos para quatro tipos de processamento seria interessante para o trabalho, contudo, a quantidade de permutações demandaria grande quantidade de tempo para testar as alternativas uma a uma no Vensim e esse não se constituiu como objetivo da dissertação. Como sugestão de trabalho futuro menciona-se também encontrar a divisão ideal de recursos humanos.

Analisando o modelo desenvolvido, ainda percebe-se que há oportunidades para estudar e coletar mais dados sobre, por exemplo, a descentralização dos esforços da comunidade e criação de uma rede de PODs mais extensa, os fluxos de informação que podem ser usados para diminuir os atrasos no sistema e alocar de forma mais eficiente os recursos humanos e de transporte, e, por fim, outros mecanismos de controle possíveis de serem implementados.

As possibilidades apresentadas de desenvolvimento do conhecimento em convergência de materiais não têm como objetivo serem exaustivas, mas evidenciar que há muitas oportunidades para explorar esse fenômeno que impacta tão fortemente as operações humanitárias e determina o destino de milhares de pessoas todos os anos.

REFERÊNCIAS

ALTAY, N.; GREEN, W. G. OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, v. 175, p. 475–493, nov. 2006.

ANAYA-ARENAS, A. M.; RENAUD, J.; RUIZ, A. Relief distribution networks: a systematic review. *Annals of Operations Research*, v. 223, p. 53–79, 2014.

APTE, A. U. Humanitarian Logistics: A New Field of Research and Action. *Foundations and Trends® in Technology, Information and Operations Management*, v. 3, n. 1, p. 1–100, 2009.

ARNETTE, A. N.; ZOBEL, C. W. Investigation of Material Convergence in the September 2013 Colorado Floods. *Natural Hazards Review*, v. 17, n. 2, p. 1–11, 2016.

BALCIK, B.; BEAMON, B. M.; KREJCI, C. C.; MURAMATSU K. M.; RAMIREZ, M. Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities. *International Journal of Production Economics*, v. 126, n. 1, p. 22–34, 2010.

BESIOU, M.; STAPLETON, O.; VAN WASSENHOVE, L. N. Exploring the Known and the Unknown: Future Possibilities of System Dynamics for Humanitarian Operations. Insead, Working paper n. 74, France, 2010.

BESIOU, M.; STAPLETON, O.; VAN WASSENHOVE, L. N. System dynamics for humanitarian operations. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, v. 1, n. 1, p. 78–103, 2011.

BRASIL. Decreto no 12.608, de 10 de abril de 2012. *Diário Oficial da União*, 2012a.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução normativa no 01, de 24 de agosto de 2012. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal. *Diário Oficial da União*, 2012b.

BRASIL. Restabelecimento da normalidade no cenário de desastres. Relatório de avaliação da execução de programas de governo. Brasília: 2014.

BRUNIES, R.; EMIR, Z. Calculating loss of productivity due to overtime using published charts – fact or fiction. *The Revay Report*, v. 20, n. 3, p. 1-8, 2001.

BUZOGANY, R. F.; SOHN, L. S.; BRITO, H. R. P.; BRITO JUNIOR, I. A recuperação de São Luiz do Paraitinga (SP) 5 anos após o desastre. XXX ANPET - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte. Anais...Rio de Janeiro RJ: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, 2016.

CARNEIRO, P. V.; COSTA, O. A. F.; BRITO JUNIOR, I.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Uma análise sobre o pós-desastre das chuvas em Cubatão ocorridas em fevereiro de 2013. XXVIII ANPET - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte.

Anais...Curitiba PR: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, 2014.

CHYI, H. I.; MCCOMBS, M. Media Salience and the Process of Framing : Coverage of the Columbine School Shootings. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, v. 81, n. 1, p. 22–35, 2004.

CISLOG. Acervo de notícias. São Paulo, 2017.

COSTA, O. A. F. Coordenação em logística humanitária: análise por dinâmica de sistemas. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2015.

COSTA, O. A. F.; SUJUKI, W. T.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Desafios de Coordenação em Logística Humanitária: Estudo de Caso da Estrutura de Coordenação no Desastre de Itaoca-SP. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Curitiba PR: Enegep 2014, 2014.

COZZOLINO, A.; ROSSI, S.; CONFORTI, A. Agile and lean principles in the humanitarian supply chain. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, v. 2, n. 1, p. 16–33, 2012.

CUERVO, R.; DIAZ, F.; NAMEN, I.; PALACIO, C.; SIERRA, C. Humanitarian Crisis: When Supply Chains Really Matter. 28th International Conference of the System Dynamics Society. Anais...Bogotá: 2010.

DAVIES, R. *Tempest-tost*. Toronto: Clarke Irwin & Co, 1951. p. 127.

DAY, J. M.; MELNYK, S. A.; LARSON, P. D. Humanitarian and disaster relief supply chains: A matter of life and death. *Journal of Supply Chain Management*, v. 48, n. 2, p. 21–36, 2012.

EISENSEE, T.; STRÖMBERG, D. News Droughts, News Floods, and U. S. Disaster Relief. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 122, n. 2, p. 693–728, 2007.

EM-DAT. EM-DAT Database. Disponível em: <http://www.emdat.be/advanced_search/index.html>. Acesso em: 22 jan. 2017.

FONTAINHA, T. C.; LEIRAS, A.; BANDEIRA, R. A. M.; SCAVARDA, L. F. Modelo conceitual de integração de stakeholders em operações humanitárias. Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino de Transportes, ANPET. Anais...Curitiba: 2014.

FORRESTER, J. W. Counterintuitive behavior of social systems. p. 1–30, 1995.

FRITZ, C. E.; MATHEWSON, J. H. Convergence Behavior in Disasters: A Problem in Social Control. National Academy of Sciences National Research Council, Disaster Study Number 9, Washington, 1957.

GONÇALVES, P. System Dynamics Modeling of Humanitarian Relief Operations. MIT Sloan School of Management, Working Paper n. 4704-08, Cambridge, 2008.

HOLGUÍN-VERAS, J.; JALLER, M.; VAN WASSENHOVE, L. N.; PÉREZ, N.; WACHTENDORF, T. On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, v. 30, n. 7–8, p. 494–506, 2012.

HOLGUÍN-VERAS, J.; JALLER, M.; VAN WASSENHOVE, L. N.; PÉREZ, N.; WACHTENDORF, T. Material Convergence: Important and Understudied Disaster Phenomenon. *Natural Hazards Review*, v. 15, n. 1, p. 1–12, 2014.

HOLGUÍN-VERAS, J. ISCRAM. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fWuAf7_bxGs&feature=youtu.be>

HOLGUÍN-VERAS, J.; JALLER, M.; WACHTENDORF, T. Comparative performance of alternative humanitarian logistic structures after the Port-au-Prince earthquake: ACEs, PIEs, and CANs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 46, p. 1623–1640, 2012.

HOUSTON, J. B.; PFEFFERBAUM, B.; ROSENHOLTZ, C. E. Disaster News: Framing and Frame Changing in Coverage of Major U.S. Natural Disasters, 2000–2010. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, v. 89, n. 4, p. 606–623, 2012.

HWANG, S.; PARK, M.; LEE, H; LEE, S. An Analysis of Post-disaster Resources Supply and Work Environment for Restoration Planning of Facilities. 31st International Conference of the System Dynamics Society. Anais...Cambridge: 2013

IFRC. Types of disasters : Definition of hazard. Disponível em: <<http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/definition-of-hazard>>. Acesso em: 8 fev. 2011.

IFRC. What is a disaster? Disponível em: <<http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/>>. Acesso em: 17 mar. 2012.

ISHIHARA, D. R. D. K. P. P. A. Quantifying communication effects in disaster response logistics: a multiple network system dynamics model. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, v. 6, n. 1, 2015.

JALLER, M. Resource allocation problems during disasters: points of distribution planning and material convergence control. [s.l.] Rensselaer Polytechnic Institute, 2011.

KAWASAKI, B. C.; BRITO JUNIOR, I.; LEIRAS, A.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Logística de resposta a desastres: o caso das chuvas no Vale do Paraíba Paulista em Janeiro de 2010. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Bento Gonçalves, RS, Brasil: Enegep 2012, 2012.

KIEFER, S. Mariana vê avalanche de solidariedade após rompimento de barragem. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/12/14/interna_gerais,716909/marina-

ve-avalanche-de-solidariedade-apos-rompimento-de-barragem.shtml>. Acesso em: 26 jan. 2017.

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

KUNZ, N.; REINER, G.; GOLD, S. Investing in disaster management capabilities versus pre-positioning inventory: A new approach to disaster preparedness. *International Journal of Production Economics*, v. 157, n. 1, p. 261–272, 2013.

LIMA, F. S. Logística humanitária: modelagem de processos para a fase de aquisição na resposta a desastres naturais. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

LONG, D. C.; WOOD, D. F. The logistics of famine relief. *Journal of Business Logistics*, v. 16, n.1, p. 213-229, 1995.

MEADOWS, D. *Leverage Points*. Hartland: 1999.

MOLINE, J. *Cargo Operations in Humanitarian Response*. [s.l]: 2013. Disponível em: <http://ardent.mit.edu/airports/ASP_exercises/ASP_2013_reports_for_posting/ASP_Moline_Cargo_Operations_in_Humanitarian_Response_copy.pdf>.

MOORE, S.; DANIEL, M.; ENG, E. International NGOs and the role of network centrality in humanitarian aid operations: A case study of coordination during the 2000 Mozambique floods. *Disasters*, v. 27, n. 4, p. 305–318, 2003.

MORE, T. *Utopia*. The Harvard ed. New York: P.F. Collier & Son, 1516.

MORRIS, W. T. On the art of modelling. *Management Science*, n. 13, p. 707–717, 1967.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. *Saber Donar*. [s.l]: 2008.

PENG, M.; PENG, Y.; CHEN, H. Post-seismic supply chain risk management: A system dynamics disruption analysis approach for inventory and logistics planning. *Computers and Operations Research*, v. 42, p. 14–24, 2014.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, N.; HOLGUÍN-VERAS, J. Inventory-Allocation Distribution Models for Post-disaster Humanitarian Logistics with Explicit Consideration of Deprivation Costs Inventory-Allocation Distribution Models for Post-disaster Humanitarian Logistics with Explicit Consideration of Deprivation C. *Transportation Science*, n. June, p. 1–25, 2015.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, N.; HOLGUÍN-VERAS, J. Inventory-Allocation Distribution Models for Post-disaster Humanitarian Logistics with Explicit Consideration of Deprivation Costs. *Transportation Science*, n. June, p. 1–25, 2015.

PIDD, M. Just modeling through: A rough guide to modeling. *Interfaces*, v. 29, n. 2, p. 118–132, 1999.

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Donativos para São L. do Paraitinga devem ser encaminhados a Taubaté. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/donativos-para-sao-l-do-paraitinga-devem-ser-encaminhados-a-taubate/>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

QUARANTELLI, E. L.; DYNES, R. R.; HAAS, J. E. Organizational functioning in disaster: a preliminary report. University of Delaware, Working Paper n. 7, Delaware, 1966.

SHADECK, R.; SANTOS, M. S.; SCHNORR, T. M.; PEIXOTO FILHO, G. E. C. A atuação da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) na gestão de riscos e resposta a desastres naturais. VI Congresso de Gestão Pública. Anais...Brasília: 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3rd. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOHN, L.; BUZOGANY, R. F.; YOSHIDA, H. T. Y; BRITO JUNIOR, I. Análise sobre as fases de resposta e reconstrução do desastre ocorrido em Itaóca (SP) em janeiro de 2014. XXIX ANPET - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte. Anais...2015.

STERMAN, J. D. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. The McGraw-Hill Companies, 2000.

THOMAS, A. S.; MIZUSHIMA, M. Logistics training: Necessity or luxury? *Forced Migration Review*, v. 22, p. 60–61, 2005.

TOMASINI, R.; STAPLETON, O.; VAN WASSENHOVE, L. N. The Challenges of Matching Corporate Donations to Humanitarian Needs and the Role of Brokers. *Supply Chain Forum: An International Journal*, v. 11, n. 3, p. 42–54, 2010.

UNHCR. Handbook for Emergencies. 3. ed. Geneva: United Nations High Commissioner for Refugees, 2007.

US CHAMBER OF COMMERCE FOUNDATION. Typhoon Haiyan Corporate Aid Tracker. Disponível em: <<http://bclc.uschamber.com/site-page/typhoon-hayian-corporate-aid-tracker>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

VAN WASSENHOVE, L. N. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society*, v. 57, p. 475–489, 2006.

VARELLA, L.; MACIEL NETO, T.; GONÇALVES, M. B. Competências que impulsionam a colaboração nas cadeias de suprimentos humanitárias. Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino de Transportes, ANPET. Anais...2014.

VOYER, J.; DEAN, M.; PICKLES, C. Understanding Humanitarian Supply Chain Logistics with System Dynamics Modeling. 33rd International Conference of the System Dynamics Society. Anais...Cambridge: 2015.

WACHTENDORF, T.; BROWN, B.; HOLGUÍN-VERAS, J.; UKKUSURI, S. Catastrophe characteristics and their impact on critical supply chains: problematizing material convergence and management following hurricane Katrina. University of Delaware, Working Paper n. 365, Newark, 2010.

WHO. Humanitarian Health Action. Disponível em:
<http://www.who.int/hac/crises/hti/appeal/medical_supplies/en/>. Acesso em: 12 ago. 2015.

WORLD VISION. Our Response Strategy. Disponível em:
<http://www.worldvisionusprograms.org/disaster_response_strategy.php>. Acesso em: 5 dez. 2016.

APÊNDICE A – Variáveis do modelo e suas equações

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
1	Afetados	-	peessoas	-	<ul style="list-style-type: none"> •Gap de população necessitada[dmnl] •Taxa de início[peessoas/dia] •Avaliação de necessidades[peessoas] •Tempo de exposição de mídia[min/dia] •% de População recuperada[dmnl] 	9000
2	Dia de início	-	dia	-	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de início[peessoas/dia] •Avaliação de necessidades[peessoas] •Taxa de compra HP[ton/dia] •Taxa de compra LP[ton/dia] •Qualidade da infraestrutura[dmnl] •Tempo de exposição de mídia[min/dia] •Taxa de material pré posicionado[ton/dia] 	3
3	Taxa de início	PULSE(Dia de início,1)*Afetados	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Afetados[peessoas] •Dia de início[dia] 	•População necessitada[peessoas]	
4	População necessitada	INTEG (Taxa de início+"Taxa de re-demanda"-Taxa de assistência-Taxa de mortalidade)	peessoas	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de início[peessoas/dia] •Taxa de re-demanda[peessoas/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de assistência[peessoas/dia] •Taxa de mortalidade[peessoas/dia] •Relação de população[peessoas] •Gap de população 	0

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
					necessitada[dmnl]	
5	Taxa de assistência	MAX(MIN(MIN (Capacidade de distribuição, Material HP processado)/Material por indivíduo, População necessitada/TIME STEP),0)	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Capacidade de distribuição[ton/dia] •Material HP processado[ton] •Material por indivíduo[ton/peessoas] •População necessitada[peessoas] 	<ul style="list-style-type: none"> •População assistida[peessoas] •Taxa de distribuição HP[ton/dia] 	
6	Material por indivíduo	-	ton/peessoas	-	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de assistência[peessoas/dia] •Taxa de distribuição HP[ton/dia] •Gap de material[ton] •Capac de transporte desejada[veículo] •Capacidade de RH desejada[peessoas] 	0,02
7	População assistida	INTEG (Taxa de assistência-"Taxa de re-demanda"-Taxa de recuperação)	peessoas	•Taxa de assistência[peessoas/dia]	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de re-demanda[peessoas/dia] •Taxa de recuperação[peessoas/dia] 	
8	Taxa de re-demanda	MIN(População assistida/Tempo para o indivíduo necessitar novamente de assistência,População assistida/TIME STEP)	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •População assistida[peessoas] •Tempo para o indivíduo necessitar novamente de assistência[dia] 	•População necessitada[peessoas]	
9	Tempo para o indivíduo necessitar novamente de assistência	-	dia	-	•Taxa de re-demanda[peessoas/dia]	7
10	Taxa de recuperação	MIN(População assistida/Tempo médio para recuperação,População assistida/TIME STEP)	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •População assistida[peessoas] •Tempo médio para recuperação[dia] 	•População recuperada[peessoas]	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
11	Tempo médio para recuperação	-	dia	-	•Taxa de recuperação[peçoas/dia]	21
12	População recuperada	INTEG (Taxa de recuperação)	peçoas	•Taxa de recuperação[peçoas/dia]	•% de População recuperada[dmnl]	
13	% de População recuperada	População recuperada/Afetados	dmnl	•Afetados[peçoas] •População recuperada[peçoas]	-	
14	Taxa de mortalidade	População necessitada*(Mortalidade populacional+Fração de peçoas suscetíveis a morrer)/Tempo médio de sobrevivência	peçoas/dia	•População necessitada[peçoas] •Mortalidade populacional[dmnl/dia] •Fração de peçoas suscetíveis a morrer[dmnl/dia] •Tempo médio de sobrevivência [dia]	•Quantidade de óbitos[peçoas]	
15	Fração de peçoas suscetíveis a morrer	-	dmnl	-	•Taxa de mortalidade[peçoas/dia]	0,001
16	Tempo médio de sobrevivência	-	dia	-	•Taxa de mortalidade[peçoas/dia]	30
17	Mortalidade populacional	-	dmnl	-	•Taxa de mortalidade[peçoas/dia]	0,00016438
18	Quantidade de óbitos	INTEG (Taxa de mortalidade)	peçoas	•Taxa de mortalidade[peçoas/dia]	•Tempo de exposição de mídia[min/dia]	
19	Relação de população	DELAY INFORMATION (População necessitada,3,0)	peçoas	•População necessitada[peçoas]	•Var aux 1[peçoas] •Avaliação de necessidades[peçoas]	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
20	Var aux 1	SAMPLE IF TRUE(MODULO(Time,Frequência de avaliação)<0.5,Relação de população,Relação de população)	peessoas	<ul style="list-style-type: none"> •Frequência de avaliação[dia] •Relação de população[peessoas] 	•Avaliação de necessidades[peessoas]	
21	Avaliação de necessidades	IF THEN ELSE(Relação de população>Var aux 1 :AND: Time<(Dia de início+Frequência de avaliação+3),Afetados,Var aux 1)	peessoas	<ul style="list-style-type: none"> •Frequência de avaliação[dia] •Relação de população[peessoas] •Var aux 1[peessoas] •Dia de início[dia] •Afetados[peessoas] 	<ul style="list-style-type: none"> •Capac de transporte desejada[veículo] •Capacidade de RH desejada[peessoas] 	
22	Frequência de avaliação	-	dia	-	<ul style="list-style-type: none"> •Avaliação de necessidades[peessoas] •Var aux 1[peessoas] 	5
23	Magnitude do desastre	-	dmnl	-	<ul style="list-style-type: none"> •Qualidade da infraestrutura[dmnl] •Tempo de exposição de mídia[min/dia] 	2
24	Qualidade da infraestrutura	IF THEN ELSE(Time>Dia de início+1, SMOOTH(1, Tempo para restabelecimento de infraestrutura de acesso, 1/Magnitude do desastre), 1)	dmnl	<ul style="list-style-type: none"> •Dia de início[dia] •Magnitude do desastre[dmnl] •Tempo para restabelecimento da infraestrutura de acesso[dia] 	•Cap por veículo por dia[ton/veículo/dia]	
25	Tempo para restabeleci- mento da infraestrutura de acesso	-	dia	-	•Qualidade da infraestrutura[dmnl]	45
26	Cap por veículo por dia	Qualidade da infraestrutura*6*10/(2+2*(Distância média entre WH e POD/50))	ton/ veículo/ dia	<ul style="list-style-type: none"> •Distância média entre WH e POD[km] •Qualidade da infraestrutura[dmnl] 	<ul style="list-style-type: none"> •Capacidade de transporte[ton/dia] •Capac de transporte desejada[veículo] 	
27	Distância média entre	-	km	-	•Cap por veículo por dia[ton/veículo/dia]	50

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
	WH e POD					
28	Capac de transporte desejada	(Avaliação de necessidades*Material por indivíduo)/Cap por veículo por dia	veículo	<ul style="list-style-type: none"> •Avaliação de necessidades[peçoas] •Material por indivíduo[ton] •Cap por veículo por dia[ton/veículo/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Gap de capacidade de transporte[veículo] •Mobilização de transporte[veículo/dia] 	
29	Gap de capacidade de transporte	Capac de transporte desejada-Quantidade de veículos	veículo	<ul style="list-style-type: none"> •Capac de transporte desejada[veículo] •Quantidade de veículos[veículo] 	<ul style="list-style-type: none"> •Mobilização de transporte[veículo/dia] 	
30	Capacidade de transporte	Quantidade de veículos*Cap por veículo por dia	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Quantidade de veículos[veículo] •Cap por veículo por dia[ton/veículo/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de transporte HP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio HP[ton/dia] •Taxa de transporte LP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio LP[ton/dia] •Taxa de transporte NP[ton/dia] 	
31	Veículos disponíveis	-	veículo	-	•Taxa máxima de contratação de veículos[veículo/dia]	5
32	Taxa máxima de contratação de veículos	IF THEN ELSE(Quantidade de veículos<Veículos disponíveis, SMOOTHI(VM Veic, 14, 0), 0)	veículo/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Veículos disponíveis[veículo] •Quantidade de veículos[veículo] •VM Veic[veículo] 	<ul style="list-style-type: none"> •Mobilização de transporte[veículo/dia] 	
33	VM Veic	-	veículo	-	•Taxa máxima de contratação de veículos[veículo/dia]	5

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
34	Mobilização de transporte	$\text{MAX}(0, \text{Taxa máxima de contratação de veículos} * \text{XIDZ}(\text{Gap de capac de transporte}, \text{Capac de transporte desejada}, 0))$	veículo/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa máxima de contratação de veículos[veículo/dia] •Gap de capac de transporte[veículo] •Capac de transporte desejada[veículo] 	•Quantidade de veículos[veículo]	
35	Quantidade de veículos	$\text{INTEG}(\text{Mobilização de transporte} - \text{Taxa de desmobilização de transporte})$	veículo	<ul style="list-style-type: none"> •Mobilização de transporte[veículo/dia] •Taxa de desmobilização de transporte[veículo/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de desmobilização de transporte[veículo/dia] •Taxa máxima de contratação de veículos[veículo/dia] •Capacidade de transporte[ton/dia] •Gap de capac de transporte[veículo] 	0
36	Taxa de desmobilização de transporte	Quantidade de veículos/Tempo para desmobilização	veículo/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Quantidade de veículos[veículo] •Tempo para desmobilização[dia] 	-	
37	Tempo para desmobilização	-	dia	-	•Taxa de desmobilização de transporte[veículo/dia]	14
38	Capacidade de RH desejada	Avaliação de necessidades*Material por indivíduo/Produtividade normal	peessoas	<ul style="list-style-type: none"> •Avaliação de necessidades[peessoas] •Material por indivíduo[ton] •Produtividade normal[ton/peessoas/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de mobilização de RH[peessoas/dia] •Gap de capacidade de RH[peessoas] 	
39	Produtividade normal	-	ton/peessoas/dia	-	Capacidade de RH desejada[peessoas] Capacidade de RH em POD[ton/dia]	0.06

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
40	Taxa de mobilização de RH	$\text{MAX}(0, \text{Taxa máxima de contratação de RH} \times \text{XIDZ}(\text{Gap de capacidade de RH}, \text{Capacidade de RH desejada}, 0))$	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa máxima de contratação de RH[peessoas/dia] •Gap de capacidade de RH[peessoas] •Capacidade de RH desejada[peessoas] 	•Quantidade de RH[peessoas]	
41	RH disponível	-	peessoas	-	•Taxa máxima de contratação de RH[peessoas/dia]	300
42	Taxa máxima de contratação de RH	$\text{IF THEN ELSE}(\text{Quantidade de RH} < \text{RH disponível}, \text{SMOOTH}(\text{VM RH}, 7, 0), 0)$	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •RH disponível[peessoas] •VM RH[peessoas] 	•Taxa de mobilização de RH[peessoas/dia]	
43	VM RH	-	peessoas	-	•Taxa máxima de contratação de RH[peessoas/dia]	20
44	Gap de capacidade de RH	$\text{Capacidade de RH desejada} - \text{Quantidade de RH}$	peessoas	<ul style="list-style-type: none"> •Capacidade de RH desejada[peessoas] •Quantidade de RH[peessoas] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de mobilização de RH[peessoas/dia] •Horas extras por indivíduo[dmnl] 	
45	Quantidade de RH	$\text{INTEG}(\text{Taxa de mobilização de RH} - \text{Taxa de desmobilização de RH})$	peessoas	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de mobilização de RH[peessoas/dia] •Taxa de desmobilização de RH[peessoas/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa máxima de contratação de RH[peessoas/dia] •Gap de capacidade de RH[peessoas] •Horas extras por indivíduo[dmnl] •Capacidade de RH em WH[ton/dia] •Capacidade de RH em POD[ton/dia] •Taxa de desmobilização de RH[peessoas/dia] 	
46	Taxa de desmobilização de RH	$\text{Quantidade de RH} / \text{Taxa de rotatividade}$	peessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Quantidade de RH[peessoas] •Taxa de rotatividade[dia] 	-	

Nº	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
47	Taxa de rotatividade	-	dia	-	•Taxa de desmobilização de RH[peçoas/dia]	21
48	Horas extras por indivíduo	WITH LOOKUP(XIDZ(Gap de capacidade de RH*10,Quantidade de RH,0))	dmnl	•Gap de capacidade de RH[peçoas] •Quantidade de RH[peçoas]	•Influência na produtividade[dmnl] •Capacidade de RH em POD[ton/dia]	
49	Influência na produtividade	WITH LOOKUP(Horas extras por indivíduo)	dmnl	•Horas extras por indivíduo[dmnl]	•Capacidade de RH em POD[ton/dia]	
50	Capacidade de RH em POD	((1-Controle em WH)*0.3*Quantidade de RH+0.7*Quantidade de RH)*(10+Horas extras por indivíduo)*(Produtividade normal*Influência na produtividade)	ton/dia	•Controle em WH[dmnl] •Quantidade de RH[peçoas] •Horas extras por indivíduo[dmnl] •Produtividade normal[ton/peçoas/dia] •Influência na produtividade[dmnl]	•Capac de proces NP em POD[ton/dia] •Capac de proces LP em POD[ton/dia] •Capac de proces HP em POD[ton/dia] •Capacidade de distribuição[ton/dia]	
51	Realocação	IF THEN ELSE(Material NP recebido em WH=0, 0, 1)	dmnl	•Material NP recebido em WH[ton]	•Capac de proces NP em POD[ton/dia] •Capac de proces LP em POD[ton/dia] •Capac de proces HP em POD[ton/dia] •Capacidade de distribuição[ton/dia] •Taxa de transporte HP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio HP[ton/dia] •Taxa de transporte LP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
					LP[ton/dia] •Taxa de transporte NP[ton/dia]	
52	Capac de proces NP em POD	$\text{Realocação} * ((1 - \text{Foco em HP}) * 0.56 + \text{Foco em HP} * 0.05) * \text{Capacidade de RH em POD}$	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de RH em POD[ton/dia] •Foco em HP[dmnl]	•Taxa de processamento NP[ton/dia]	
53	Capac de proces LP em POD	$\text{Realocação} * (((1 - \text{Foco em HP}) * 0.2 + \text{Foco em HP} * 0.05) * \text{Capacidade de RH em POD}) + (1 - \text{Realocação}) * ((1 - \text{Foco em HP}) * 0.45 + \text{Foco em HP} * 0.05) * \text{Capacidade de RH em POD}$	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de RH em POD[ton/dia] •Foco em HP[dmnl]	•Taxa de processamento LP[ton/dia]	
54	Capac de proces HP em POD	$\text{Realocação} * ((1 - \text{Foco em HP}) * 0.14 + \text{Foco em HP} * 0.45) * \text{Capacidade de RH em POD} + (1 - \text{Realocação}) * ((1 - \text{Foco em HP}) * 0.32 + \text{Foco em HP} * 0.45) * \text{Capacidade de RH em POD}$	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de RH em POD[ton/dia] •Foco em HP[dmnl]	•Taxa de processamento HP[ton/dia]	
55	Capacidade de distribuição	$\text{Realocação} * ((1 - \text{Foco em HP}) * 0.1 + \text{Foco em HP} * 0.45) * \text{Capacidade de RH em POD} * \text{Nível de descentralização} + (1 - \text{Realocação}) * ((1 - \text{Foco em HP}) * 0.23 + \text{Foco em HP} * 0.45) * \text{Capacidade de RH em POD} * \text{Nível de descentralização}$	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de RH em POD[ton/dia] •Foco em HP[dmnl] •Nível de descentralização[dmnl]	•Taxa de assistência[pessoas/dia]	
56	Foco em HP	-	dmnl	-	•Capac de proces NP em POD[ton/dia] •Capac de proces LP em POD[ton/dia] •Capac de proces HP em POD[ton/dia] •Capacidade de distribuição[ton/dia]	0
57	Nível de descentralização	Estrutura inicial+Política de descentralização	dmnl	•Estrutura inicial[dmnl] •Política de descentralização[dmnl]	•Capacidade de distribuição[ton/dia]	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
58	Estrutura inicial	-	dmnl	-	•Nível de descentralização[dmnl]	1
59	Política de descentralização	-	dmnl	-	•Nível de descentralização[dmnl]	0
60	Controle em WH	-	dmnl	-	•Capacidade de RH em WH[ton/dia] •Capacidade de RH em POD[ton/dia]	0
61	Capacidade de RH em WH	$0.3 * \text{Quantidade de RH} * \text{Controle em WH} * 8 * 0.3$	ton/dia	•Quantidade de RH[pessoas] •Controle em WH[dmnl]	•Taxa de material retido[ton/dia]	
62	Gap de população necessitada	População necessitada/Afetados	dmnl	•População necessitada[pessoas] •Afetados[pessoas]	•Tempo de exposição de mídia[min/dia]	
63	Tempo de exposição de mídia	IF THEN ELSE (Time=Dia de início+2,(0.0003*Afetados+0.01*Número de mortes)*Magnitude do desastre*Gap de população necessitada/2,0)+IF THEN ELSE(Dia de início<=Time :AND: Time< Dia de início+5*Magnitude do desastre,(0.0003*Afetados+0.01*Número de mortes)*Magnitude do desastre*Gap de população necessitada/2,0)+IF THEN ELSE(Dia de início+5*Magnitude do desastre <=Time, (0.0003*Afetados+0.01*Número de mortes)*Magnitude do desastre*Gap de população necessitada/4, 0)	min/dia	•Gap de população necessitada[dmnl] •Magnitude do desastre[dmnl] •Dia de início[dia] •Afetados[pessoas] •Número de mortes[pessoas]	•Taxa de sensibilização[pessoas/dia]	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
64	Taxa de sensibilização	DELAY INFORMATION (Tempo de exposição de mídia*Abertura para sensibilização*População exposta à mídia*IF THEN ELSE("% de espaço físico disponível"=0, 0, 1),1,Tempo de exposição de mídia*Abertura para sensibilização*População exposta à mídia*IF THEN ELSE("% de espaço físico disponível"=0, 0, 1))	pessoas/dia	<ul style="list-style-type: none"> •% de espaço físico disponível[dmnl] •Tempo de exposição de mídia[min/dia] •Abertura para sensibilização[dmnl] 	•Recebimento de doações[ton/dia]	
65	Abertura para sensibilização	-	dmnl	-	•Taxa de sensibilização[pessoas/dia]	0,01
66	População exposta à mídia	-	pessoas	-	•Taxa de sensibilização[pessoas/dia]	2.500.000
67	Recebimento de doações	DELAY1I(Taxa de sensibilização*Volume médio de doação, 2, 0)	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Volume médio de doação[ton/pessoas] •Taxa de sensibilização[pessoas/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de recebimento HP[ton/dia] •Taxa de recebimento LP[ton/dia] •Taxa de recebimento NP[ton/dia] 	
68	Volume médio de doação	-	ton/pessoas	-	•Recebimento de doações[ton/dia]	0,005
69	Educação dos doadores	-	dmnl	-	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de recebimento NP[ton/dia] •Taxa de recebimento LP[ton/dia] •Taxa de recebimento HP[ton/dia] 	0,4
70	Limiar	-	dmnl	-	•Controle de admissão[dmnl]	0,2

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
71	Controle de admissão	DELAY3(IF THEN ELSE(% de espaço físico disponível<=Limiar, 0, 1),3)	dmnl	<ul style="list-style-type: none"> •% de espaço físico disponível[dmnl] •Limiar[dmnl] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de recebimento NP[ton/dia] •Taxa de recebimento LP[ton/dia] 	
72	% de espaço físico disponível	IF THEN ELSE(1-(((Material HP transportado+Material HP processado+Material LP processado+Material LP transportado+Material NP transportado+Material NP processado)/Espaço físico inicial)>0, 1-(((Material HP transportado+Material HP processado+Material LP processado+Material LP transportado+Material NP transportado+Material NP processado)/Espaço físico inicial), 0)	dmnl	<ul style="list-style-type: none"> •Material HP transportado[ton] •Material HP processado[ton] •Material LP transportado[ton] •Material LP processado[ton] •Material NP transportado[ton] •Material NP processado[ton] •Espaço físico inicial[ton] 	<ul style="list-style-type: none"> •Controle de admissão[dmnl] •Taxa de sensibilização[pessoas/dia] 	
73	Espaço físico inicial	-	ton	-	•% de espaço físico disponível[dmnl]	700
74	Capacidade semanal de compra de material	-	ton	-	•Compra de material[ton]	10
75	Coordenação entre organizações	-	dmnl	-	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de compra HP[ton/dia] •Taxa de compra LP[ton/dia] 	0,7
76	Compra de material	IF THEN ELSE(Gap de material>Capacidade semanal de compra de material, Capacidade semanal de compra de material, 0)	ton	<ul style="list-style-type: none"> •Gap de material[ton] •Capacidade semanal de compra de material[ton] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de compra HP[ton/dia] •Taxa de compra LP[ton/dia] 	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
77	Gap de material	IF THEN ELSE((Material HP processado+Material HP enviado)<Avaliação de necessidades*Material por indivíduo, Avaliação de necessidades*Material por indivíduo-(Material HP processado+Material HP enviado), 0)	ton	<ul style="list-style-type: none"> •Material HP processado[ton] •Material HP enviado[ton] •Material por indivíduo[ton/pessoas] •Avaliação de necessidades[pessoas] 	•Compra de material[ton]	
78	Quantidade de material pré posicionado	-	ton	-	•Taxa de material pré posicionado[ton/dia]	15
79	Taxa de recebimento HP	(Educação dos doadores/2)*Recebimento de doações	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Educação dos doadores[dmnl] •Recebimento de doações[ton/dia] 	•Material HP recebido em WH[ton]	
80	Material HP recebido em WH	INTEG(Taxa de recebimento HP-Taxa de transporte HP)	ton	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de recebimento HP[ton/dia] •Taxa de transporte HP[ton/dia] 	•Taxa de transporte HP[ton/dia]	
81	Taxa de transporte HP	IF THEN ELSE (Realocação=0, MIN(Capacidade de transporte/4, Material HP recebido em WH), MIN(Capacidade de transporte/5, Material HP recebido em WH))	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Realocação[dmnl] •Capacidade de transporte[ton/dia] •Material HP recebido em WH[ton] 	•Material HP transportado[ton]	
82	Material HP transportado	INTEG(Taxa de transporte HP-Taxa de processamento HP)	ton	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de transporte HP[ton/dia] •Taxa de processamento HP[ton/dia] 	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de processamento HP[ton/dia] •% de espaço físico disponível[dmnl] 	
83	Taxa de processamento HP	MIN(Capac de proces HP em POD, Material HP transportado)	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Capac de proces HP em POD[ton/dia] •Material HP transportado[ton] 	•Material HP processado[ton]	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
84	Taxa de compra HP	PULSE TRAIN(Dia de início+5, 1 , 7 , 180)*(Compra de material*Coordenação entre organizações)	ton/dia	•Dia de início[dia] •Compra de material[ton] •Coordenação entre as organizações[dmnl]	•Material HP enviado[ton]	
85	Taxa de material pré posicionado	PULSE(Dia de início+1,1)*Quantidade de material pré posicionado	ton/dia	•Dia de início[dia] •Quantidade de material pré posicionado[ton]	•Material HP processado[ton]	
86	Material HP enviado	INTEG(Taxa de compra HP-Taxa de transporte de envio HP)	ton	•Taxa de compra HP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio HP[ton/dia]	•Taxa de transporte de envio HP[ton/dia] •Gap de material[ton]	
87	Taxa de transporte de envio HP	IF THEN ELSE (Realocação=0,MIN(Capacidade de transporte/4, Material HP enviado), MIN(Capacidade de transporte/5, Material HP enviado))	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de transporte[ton/dia] •Material HP enviado[ton]	•Material HP processado[ton]	
88	Material HP processado	INTEG(Taxa de material pré posicionado+Taxa de processamento HP+Taxa de transporte de envio HP-Taxa de desvio-Taxa de distribuição HP)	ton	•Taxa de material pré posicionado[ton/dia] •Taxa de processamento HP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio HP[ton/dia] •Taxa de desvio[ton/dia] •Taxa de distribuição HP[ton/dia]	•Taxa de distribuição HP[ton/dia] •Taxa de desvio[ton/dia] •Taxa de assistência[pessoas/dia] •Gap de material[ton] •% de espaço físico disponível[dmnl]	
89	Taxa de desvio	0.01*Material HP processado	ton/dia	•Material HP processado[ton]	-	
90	Taxa de distribuição HP	Taxa de assistência*Material por indivíduo	ton/dia	•Taxa de assistência[pessoas/dia] •Material por indivíduo[ton/pessoas]	•Material HP distribuído[ton]	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
91	Material HP distribuído	INTEG(Taxa de distribuição HP)	ton	•Taxa de distribuição HP[ton/dia]	-	
92	Taxa de recebimento NP	(1-Educação dos doadores)*Recebimento de doações*Controle de admissão	ton/dia	•Educação dos doadores[dmnl] •Recebimento de doações[ton/dia] •Controle de admissão[dmnl]	•Material NP recebido em WH[ton]	
93	Material NP recebido em WH	INTEG(Taxa de recebimento NP-Taxa de NP retido-Taxa de transporte NP)	ton	•Taxa de recebimento NP[ton/dia] •Taxa de NP retido[ton/dia] •Taxa de transporte NP[ton/dia]	•Taxa de NP retido[ton/dia] •Taxa de transporte NP[ton/dia] •Realocação[dmnl]	
94	Taxa de NP retido	MIN(MAX(0,Capacidade de RH em WH/2), Material NP recebido em WH)	ton/dia	•Capacidade de RH em WH[ton/dia] •Material NP recebido em WH[ton]	-	
95	Taxa de transporte NP	IF THEN ELSE (Realocação=0, 0, MIN(Capacidade de transporte/5, Material NP recebido em WH))	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de transporte[ton/dia] •Material NP recebido em WH[ton]	•Material NP transportado[ton]	
96	Material NP transportado	INTEG(Taxa de transporte NP-Taxa de processamento NP)	ton	•Taxa de transporte NP[ton/dia] •Taxa de processamento NP[ton/dia]	•Taxa de processamento NP[ton/dia] •% de espaço físico disponível[dmnl]	
97	Taxa de processamento NP	MIN(Capac de proces NP em POD, Material NP transportado)	ton/dia	•Capac de proces NP em POD[ton/dia] •Material NP transportado[ton]	•Material NP processado[ton]	
98	Material NP processado	INTEG(Taxa de processamento NP-Taxa de descarte NP)	ton	•Taxa de processamento NP[ton/dia] •Taxa de descarte NP[ton/dia]	•Taxa de descarte NP[ton/dia] •% de espaço físico disponível[dmnl]	

Nº	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
99	Taxa de descarte NP	Porcentagem de material descartado*Material NP processado	ton/dia	•Porcentagem de material descartado[dmnl] •Material NP processado[ton]	•Material NP descartado[ton]	
100	Porcentagem de material descartado	-	dmnl	-	•Taxa de descarte NP[ton/dia]	0,05
101	Material NP descartado	INTEG(Taxa de descarte NP)	ton	•Taxa de descarte NP[ton/dia]	-	
102	Taxa de recebimento LP	IF THEN ELSE(Controle de admissão=0,(Educação dos doadores/2)*Recebimento de doações*0.5,(Educação dos doadores/2)*Recebimento de doações*Controle de admissão)	ton/dia	•Educação dos doadores[dmnl] •Recebimento de doações[ton/dia] •Controle de admissão[dmnl]	•Material LP recebido em WH[ton]	
103	Material LP recebido em WH	INTEG(Taxa de recebimento LP-Taxa de LP retido-Taxa de transporte LP)	ton	•Taxa de recebimento LP[ton/dia] •Taxa de LP retido[ton/dia] •Taxa de transporte LP[ton/dia]	•Taxa de LP retido[ton/dia] •Taxa de transporte LP[ton/dia]	
104	Taxa de LP retido	MIN(MAX(0,Capacidade de RH em WH/2), Material LP recebido em WH)	ton/dia	•Capacidade de RH em WH[ton/dia] •Material LP recebido em WH[ton]	-	
105	Taxa de transporte LP	IF THEN ELSE (Realocação=0, MIN(Capacidade de transporte/4, Material LP recebido em WH), MIN(Capacidade de transporte/5, Material LP recebido em WH))	ton/dia	•Realocação[dmnl] •Capacidade de transporte[ton/dia] •Material LP recebido em WH[ton]	•Material LP transportado[ton]	
106	Material LP transportado	INTEG(Taxa de transporte LP-Taxa de processamento LP)	ton	•Taxa de transporte LP[ton/dia] •Taxa de processamento LP[ton/dia]	•Taxa de processamento LP[ton/dia] •% de espaço físico	

N°	Variável	Equação	Unidade	Input [unidade]	Output [unidade]	Valor inicial
					disponível[dmnl]	
107	Taxa de processamento LP	MIN(Capac de proces LP em POD, Material LP transportado)	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Capac de proces LP em POD[ton/dia] •Material LP transportado[ton] 	•Material LP processado[ton]	
108	Taxa de compra LP	PULSE TRAIN(Dia de início+5, 1 , 7 , 180)*(1-Coordenação entre organizações)*Compra de material	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Dia de início[dia] •Coordenação entre organizações[dmnl] •Compra de material[ton] 	•Material LP enviado[ton]	
109	Material LP enviado	INTEG(Taxa de compra LP-Taxa de transporte de envio LP)	ton	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de compra LP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio LP[ton/dia] 	•Taxa de transporte de envio LP[ton/dia]	
110	Taxa de transporte de envio LP	IF THEN ELSE (Realocação=0, MIN(Capacidade de transporte/4, Material LP enviado), MIN(Capacidade de transporte/5, Material LP enviado))	ton/dia	<ul style="list-style-type: none"> •Realocação[dmnl] •Capacidade de transporte[ton/dia] •Material LP enviado[ton] 	•Material LP processado[ton]	
111	Material LP processado	INTEG(Taxa de processamento LP-Taxa de descarte LP+Taxa de transporte de envio LP)	ton	<ul style="list-style-type: none"> •Taxa de processamento LP[ton/dia] •Taxa de descarte LP[ton/dia] •Taxa de transporte de envio LP[ton/dia] 	•% de espaço físico disponível[dmnl]	