

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS PARA ENTREGA DE ITENS DE ASSISTÊNCIA HUMANITÁRIA EM DESASTRES

Fabiana Santos Lima¹

Ricardo Villarroel Dávalos²

Mirian Buss Gonçalves³

João Carlos Souza⁴

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo de caso de um desastre natural causado por inundações sob a ótica da logística e com foco em atividades de logística humanitária. A abordagem proposta utiliza a simulação a eventos discretos de cenários de inundação ocorridos no Sul do Brasil. Para tanto foi usando as atividades logísticas de aquisição e transporte para a modelagem do processo de entrega dos itens de assistência de uma organização humanitária. Utilizou-se a abordagem da pesquisa empírica quantitativa. A principal contribuição está no auxílio da tomada de decisão referente à tarefa que influencia os tempos de entregas dos itens de assistência humanitária. Na busca de minimizar o tempo de resposta, a simulação auxiliou a modelagem do processo referente à escolha do melhor esquema de entrega dos itens de assistência humanitária.

Palavras chave: Logística Humanitária. Simulação. Modelagem. Processo de entrega.

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas desenvolvidas por Quarantelli (2006), Kovács e Spens (2007), Tomasini e Wassenhouve (2009), Blecken (2010), Holguín Veras et al. (2012), entre outros, sobre Logística Humanitária (LH), referenciam uma série de desastres que incluem terremotos,

¹ Doutora em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis/SC, Brasil. E-mail: fsantoslima1@gmail.com

² Doutor professor, Departamento de Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis/SC, Brasil. E-mail: ricardo.davalos@ufsc.br

³ Doutora professora, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis/SC, Brasil. E-mail: mirian.buss@ufsc.br

⁴ Doutor professor, Departamento de Arquitetura e Urbanismo Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis/SC, Brasil. E-mail: joao.carlos@ufsc.br

tsunamis, furacões, epidemias, inundações, secas, ataques terroristas e situações de guerras, bem como a combinação de vários desastres que podem ocorrer simultaneamente.

Por serem as situações emergenciais de certa forma imprevisíveis, o sucesso de uma operação depende de um bom planejamento logístico, tanto nos aspectos da infraestrutura, como da armazenagem, transporte e coordenação de materiais, informação e pessoas.

A LH (OLORUNTOBA; GRAY, 2006) se propõe a estudar situações de desastres naturais, desastres causados pelo homem, emergências complexas como situações de conflitos e guerras.

A LH é composta por um conjunto de atividades que inclui: preparação, planejamento, aquisição, armazenamento, transporte, seja de bens ou informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de aliviar o sofrimento de pessoas vulneráveis. Ela também serve como uma ponte entre a preparação e resposta a desastres, por meio do estabelecimento de procedimentos eficazes de compras, relacionamento com fornecedores, estoques preposicionados e conhecimento das condições de transporte locais (THOMAS, 2004).

Além disso, na visão de Falasca e Zobel (2011), a velocidade de resposta para grandes programas humanitários que envolvem saúde, comida, abrigo, água e intervenções de saneamento são dependentes da capacidade de logística para adquirir, transportar e receber o material no local de ajuda humanitária.

Dessa forma, a tomada de decisão (FERREIRA, 2010) referente a eventos emergenciais pode apresentar uma série de desafios que precisam ser tratados conforme sua especificidade, a qual pode vir representada segundo métodos de investigação, procedimentos de análise, sistema de informação, bem como, uma rotina de desempenho de processos e estudo de caso.

A modelagem, análise e documentação dos processos de LH podem obter apoio em modelos de referência, como por exemplo, o Modelo de Referência de Tarefas (*Reference Task Model – MRT*) proposto por Blecken (2009). Este modelo é aplicável, genericamente, para tarefas de emergência e pós-emergência de gestão da cadeia de suprimentos das organizações humanitárias.

A análise e melhoria dos processos, geralmente são realizadas a partir de cenários e apoiada pela simulação orientada por eventos discretos e/ou por processos. Um dos aspectos a ser considerado nestes cenários é a complexidade de estabelecer uma estratégia global para uma situação de desastre. Isso em função da disparidade de ideias individuais e da falta de coordenação dos processos entre os agentes que compõem a LH.

Poucos e recentes trabalhos relacionados à gestão de processos de emergências têm sido apresentados para as operações humanitárias e de gestão de resposta a desastres (BLECKEN, 2010; WIDERA; HELLINGRATH, 2011). Tomasini e Van Wassenhouve (2009) defendem que é importante ter sistemas e processos nos locais que possam facilitar a colaboração entre os atores para manter altos níveis de eficiência no momento da resposta. Estes processos, conforme apresentados por Blecken (2010) e por Widera e Hellingrath (2011) apresentam vários benefícios, como por exemplo, colaboração e cooperação bem como a melhoria do desempenho (otimização) de processos.

Diante deste contexto, este estudo tem como objetivo simular um cenário de inundação no Estado de Santa Catarina – Brasil, usando as atividades de aquisição e transporte para a modelagem do processo de entrega de itens de assistência de uma organização humanitária. As principais contribuições encontram-se associadas à minimização do tempo de resposta e apoio à tomada de decisões às situações emergenciais.

A simulação de cenários para organizar e avaliar as atividades de aquisição e transporte foi desenvolvido com o objetivo de reduzir o tempo de resposta nas operações humanitárias. O desenvolvimento de um modelo de simulação compõe-se de três etapas: formulação do modelo, implementação do modelo e análise dos resultados (CHWIF; MEDINA, 2010).

Este artigo considera a conceituação de LH, o estudo de um desastre, a modelagem e simulação a partir da ferramenta Arena, de forma a auxiliar a compreensão e avaliação dos processos da organização humanitária no processo de entrega dos itens de assistência humanitária.

A principal contribuição deste estudo é a melhoria dos processos de coordenação de desastres e, pode servir de base para órgãos como a Secretaria de Defesa Civil do estado de Santa Catarina – Brasil (Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina é a organização humanitária governamental responsável pelas ações de Defesa Civil do estado de Santa Catarina) e Instituições envolvidas na coordenação de processos logísticos em situações emergenciais.

A simulação do modelo dos processos de LH proposto representa uma abordagem quantitativa e tem a finalidade de atender no tempo mais próximo da data a demanda emergencial, utilizando para isto, o fornecedor com capacidade suficiente para atender na data solicitada ou o mais próximo possível a esta data (LIMA et al., 2014a, 2014b).

Assim a localização dos fornecedores, bem como o tempo de entrega, são variáveis importantes a serem analisadas. Quanto menor o tempo para atender totalmente a demanda melhor o desempenho do sistema.

2 MODELAGEM EM LH

Poucas e importantes contribuições referentes a modelagem de processos em LH podem ser encontradas na literatura. Assim, por exemplo tem-se, Tufinkgi (2006) descreve um “Modelo de Processos Logísticos em caso de Catástrofe Internacional”, McGuire (2006) desenvolveu um quadro para gestão da cadeia de suprimentos de produtos de saúde fornecidos como assistência humanitária em emergências complexas e Blecken (2009) sugere o modelo de referência de tarefas (MRT). Na construção deste modelo, Blecken (2009), elaborou um quadro (Figura 1) para orientar os usuários do MRT à navegação no modelo e entre as suas várias camadas.



Figura 1 – *Framework* do MRT
 Fonte: Adaptado de Blecken, 2009.

O modelo, apresentando na Figura 1, distingue cerca de cento e vinte tarefas na cadeia de abastecimento humanitário ao longo de dois eixos: a decomposição hierárquica do horizonte de planejamento de tarefas estratégicas, táticas e operacionais e uma divisão no eixo funcional referente à avaliação, aquisição, armazenagem, transporte, geração de relatórios e operações de suporte.

As decisões sobre a estrutura da cadeia de suprimentos são feitas no nível estratégico, em que o horizonte de tempo pode ir além de dois anos. No nível tático, que abrange um horizonte de tempo de seis meses a dois anos, toda a cadeia de abastecimento é planejada e otimizada. Uma utilização otimizada dos recursos, que são alocados no nível tático, é o principal objetivo no nível operacional. Cada tarefa neste nível se estende até seis meses.

A aplicação do modelo de referência inclui a especialização de tarefas em um caso de uso específico, incluindo a instanciação de responsabilidade e prestação de contas, bem como a definição de fluxos de informação. Para isto Blecken (2009) utilizou uma Matriz de Responsabilidades (MR), a qual conecta as atividades ou tarefas às pessoas ou recursos a fim de verificar atribuição de funções e responsabilidades das tarefas para os agentes da cadeia de abastecimento humanitário.

O MRT foi desenvolvido com a participação de mais de 30 organizações humanitárias o que reflete as atividades do mundo real em gestão da cadeia de suprimentos humanitária. Neste artigo, utilizou-se este modelo do Blecken (2009) e expandiu-se o alcance das atividades “aquisição e transporte”. Os processos do MRT serviram como um *framework* para auxiliar na modelagem das tarefas envolvidas no processo de entrega dos itens de assistência humanitária.

A Figura 2 ilustra o processo proposto para a entrega dos itens de assistência humanitária na notação BPMN e considera a existência de algum tipo de comunicação entre a organização responsável no atendimento aos desastres (defesa civil local ou regional) e os fornecedores considerados parceiros.

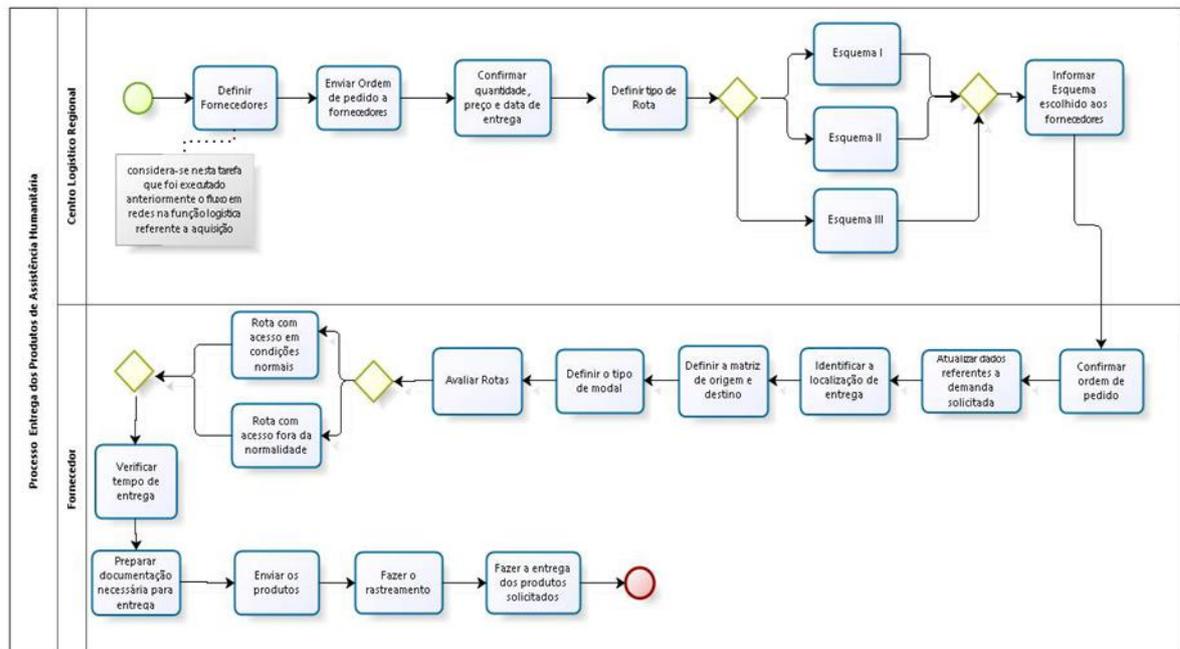


Figura 2 – Processo entrega dos Itens de Assistência Humanitária
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os fornecedores foram definidos na atividade “Executar Fluxo de Redes”, em que se define o melhor conjunto de fornecedores respeitando, o tempo, a demanda e a capacidade de

entrega no lugar atingido (LIMA, 2014b). Sendo assim, a partir da localização destes fornecedores, escolhe-se como deverá ser feita a entrega dos produtos solicitados considerando o menor tempo.

De forma geral a entrega pode ser feita de três formas: (I) a partir do fornecedor de cada produto até o município que representa a região atingida; (II) a partir do fornecedor de cada produto até o centro de distribuição (CD) e do CD até a região atingida e; (III) dependendo da urgência e da gravidade da região atingida, os dois esquemas anteriores podem ser utilizados ao mesmo tempo.

Ou seja, enquanto o CD entrega os produtos emergenciais em estoque para as regiões atingidas, os fornecedores escolhidos são acionados e já encaminham os produtos diretamente à região atingida. A Figura 3 representa estes esquemas.

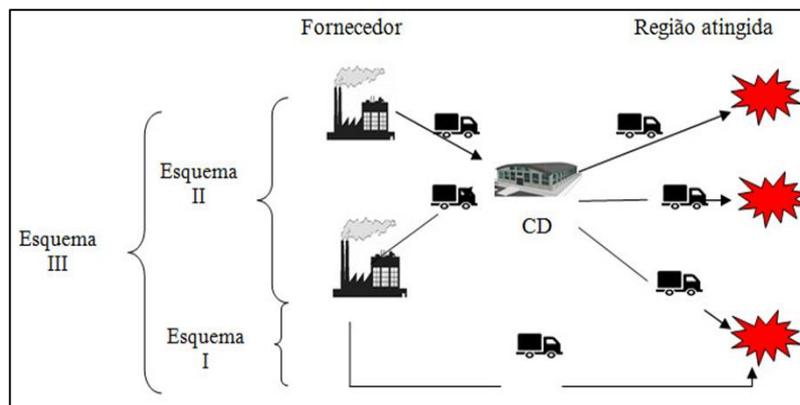


Figura 3 – Esquemas de distribuição a partir do fornecedor até a região atingida por desastres
Fonte: Elaborado pelos autores.

No processo apresentado (na Figura2), a tarefa referente a “Verificar tempo de Entrega” pode ser auxiliada por uma análise de cenários para situações onde se considera que a rota não foi atingida pelo desastre (situações dentro da normalidade). E, para situações em que de alguma forma esta rota foi atingida, como por exemplo, a queda de uma ponte, alagamentos, ou ainda, a queda de uma árvore entre outras situações que não permitem o acesso (situações fora da normalidade).

3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE EVENTO

Um dos fatores mais importantes que afetam a LH é a natureza do evento em si. Segundo Holguín-Veras *et al.* (2012) grandes desastres são classificados como catástrofes, são definidos como eventos de alta consequência que geram impactos generalizados e

debilitantes, onde a capacidade da sociedade impactada a responder é severamente comprometida.

Tecnicamente, um evento catastrófico é aquele em que a maior parte ou a totalidade da infraestrutura na comunidade é muito atingida. As autoridades locais são incapazes de realizar o seu papel habitual de trabalho, a ajuda de comunidades vizinhas não pode ser fornecida, a maioria, se não todas, as funções do cotidiano da comunidade são bruscamente e simultaneamente interrompidas (QUARANTELLI, 2006; WACHTENDORF et al., 2013).

Um desastre não catastrófico é aquele em que a população, as autoridades locais e as organizações humanitárias podem lidar com as consequências. Apesar de significativas, há pouca destruição da infraestrutura. A resposta envolve menos entidades convergentes, existe interface entre os setores público e privado, e permite maior autonomia e liberdade de ação (QUARANTELLI, 2006).

Em caso de uma catástrofe, a maioria das fontes (produtos, bens) têm que ser trazidas de fora da área impactada, enquanto que em um cenário não-catastrófico alguns recursos permanecem (por exemplo, caminhões, estruturas de liderança, estoques em empresas) que poderiam se tornar a primeira onda de ajuda aos necessitados (WACHTENDORF et al., 2013).

Tanto num desastre catastrófico como num desastre não catastrófico, busca-se definir como atender o maior número de pessoas, evitar falta e desperdício, organizar as diversas doações que são recebidas nestes casos e, principalmente, atuar dentro de um orçamento limitado.

4 SIMULAÇÃO NA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

Segundo Kovács e Spens (2011), a maioria das publicações na área de logística humanitária são estudos de casos e revisões conceituais, e os autores destacam a falta de estudos empíricos ou analíticos que pode realmente fazer uma grande diferença para o desafio de logística humanitária.

A maioria desses estudos têm utilizado técnicas de pesquisa operacional, incidindo sobre problemas de localização de facilidades como, por exemplo, problema de máxima cobertura local ou problemas de planejamento de transporte de roteamento/veículo otimizando o fluxo de material de socorro através de redes de distribuição existentes (OLAFSEN; WILBERG, 2012).

Besiou et al. (2011) apresentam a metodologia *System dynamics* (SD) como uma ferramenta para ajudar os tomadores de decisões humanitárias. O modelo conceitual é desenvolvido para um programa de simulação, o qual é executado em cenários hipotéticos. Os autores estudam e simulam o sistema de gestão de frota de veículos (*Field Vehicle Fleet Management – Field VFM*) em Organizações Humanitárias Internacionais (*International Humanitarian Organizations – IHO*).

Ben-Tal et al. (2011) propõem uma metodologia para atenuar a incerteza da demanda nas cadeias de fornecimento de ajuda humanitária. Os autores aplicaram otimização robusta (*Robust Optimization – RO*) para atribuir dinamicamente problemas de resposta de emergência e problemas de fluxo de tráfego na evacuação com tempo incerto de demanda. Os experimentos de simulação mostraram que a solução fornece excelentes resultados quando comparada a solução determinística e a solução estocástica.

Mohan, Gopalakrishnan e Mizzi (2011) focaram em questões de planejamento operacional da cadeia de abastecimento na distribuição de alimentos, a fim de melhorar a eficiência do centro de recuperação. Desenvolveram um modelo de simulação discreto para imitar as operações do centro de recuperação, para tanto foi utilizado o *software* de simulação Arena. Neste estudo os seguintes parâmetros foram analisados: chegada dos alimentos, tempos de processo de descarregamento, digitalização, controle de qualidade e montagem e armazenamento, layout e distâncias de transporte dentro do armazém.

Wilberg e Olafsen (2012) analisaram se o desempenho de resposta humanitária pode ser aumentado com a utilização de grandes embarcações comerciais para pré-estocar e transportar itens de ajuda humanitária. Neste estudo foi desenvolvido um modelo de simulação a fim de testar várias configurações de um sistema de resposta humanitária alternativa.

Os resultados gerados pelo modelo foram comparados com os dados de resposta de desastres anteriores, a fim de determinar se o sistema alternativo é capaz de entregar os itens alívio mais rápido e a um custo menor do que o sistema atual. Segundo as pesquisas desenvolvidas pelos autores, um maior número de pessoas pode receber assistência e uma redução na parcela gasta em logística poderá liberar recursos financeiros. Os quais podem ser usados para melhorar os processos e as capacidades internas, que suportam um desenvolvimento sustentável em longo prazo das organizações humanitárias.

Ertem e Buyurgan (2013) abordam problemas referentes a ineficiência na aquisição de bens necessários para operações em logística de ajuda, esses problemas ocorrem principalmente devido à falta de coordenação entre os fornecedores e organizações parceiras.

Formulações de programação inteira são usadas em operações de venda em leilão. É utilizado um modelo de simulação que gera problemas para avaliar e ajustar os parâmetros de design de nível do sistema. O modelo é codificado utilizando linguagem *Java*.

Massei et al. (2014) os autores propõem um simulador para ser compartilhado e utilizado entre Forças Armadas e agências civis para abordar a gestão de crises, missões humanitárias, reconstrução e desenvolvimento do país, considerando operações conjuntas (ou seja, a cooperação militar e civil. A abordagem proposta garante a interoperabilidade entre diferentes simuladores dentro de uma federação HLA (*High Level Architecture*), a fim de recriar cenários de crise combinando simulação detalhada de múltiplos fatores.

Vallejo et al. (2015) propõem um modelo de programação matemática *bi-level* para a logística humanitária para otimizar as decisões relativas à distribuição da ajuda internacional depois de um desastre catastrófico. Utilizaram dados reais do terremoto do Chile em 2010 e simularam um cenário de distribuição de ajuda.

Assim, a criação de modelos quantitativos pode possibilitar um maior entendimento das consequências de uma mudança sem arriscar o ambiente real a eventos de tentativa e erro. Portanto, deve-se considerar que nenhum modelo é a representação completa da realidade, mas sim, considerar que os modelos podem representar partes da realidade que é conduzida segundo uma previsão dos pesquisadores do modelo.

Um modelo de simulação pode ser utilizado quando for difícil apreender a dinâmica de um sistema de equações aplicáveis em uma técnica ideal para um sistema grande e complexo que precisa ser avaliado (HARMONSKY, 2008).

Em modelos de otimização busca-se encontrar uma solução ótima para determinada situação, já, modelos de simulação tem significados heurísticos. O modelo de simulação apresenta saídas para diferentes cenários e o pesquisador pode comparar os diversos resultados sem necessariamente encontrar a solução ideal. Dessa forma, o estudo do melhor cenário pode ser desenvolvido utilizando análise de sensibilidade, com o intuito de testar se o cenário selecionado pode ou não apresentar melhores resultados e em que circunstâncias um cenário apresenta melhor desempenho.

Segundo alguns autores (LAW; MCCOMAS 2001; MANUJ et al., 2009; BOTTANI; MONTANARI, 2010) a simulação é uma das ferramentas mais utilizadas para observar o comportamento das cadeias de abastecimento ou para analisar o quanto eficaz e eficiente pode ser um sistema logístico.

Várias são as formas e as maneiras que uma simulação pode ser definida. Estas definições apreendem o enfoque de prever o comportamento ou o desempenho de um sistema específico ao longo do tempo, enquanto as variáveis de entrada estão sendo modificadas.

Sistemas de preparação para os desastres devem estar configurados com a realidade. Isso devido à incerteza de como, onde e quando um desastre poderá ocorrer. As variáveis de entrada, para qualquer modelo de simulação, estão fadadas a fortes mudanças e, sendo assim, diferentes cenários podem e devem ser adaptados a cada realidade estudada.

Nesta realidade em que, devido ao alto grau de incerteza pode ser difícil obter observações do mundo real, a simulação é então utilizada como uma técnica de modelagem sem perturbar o sistema real.

A quantidade de publicações referentes a logística humanitária e simulação (considera-se artigos, capítulo de livro, livro, anais de conferencias) está tendo um incremento representativo desde 2007. A Figura 4 ilustra este crescimento.

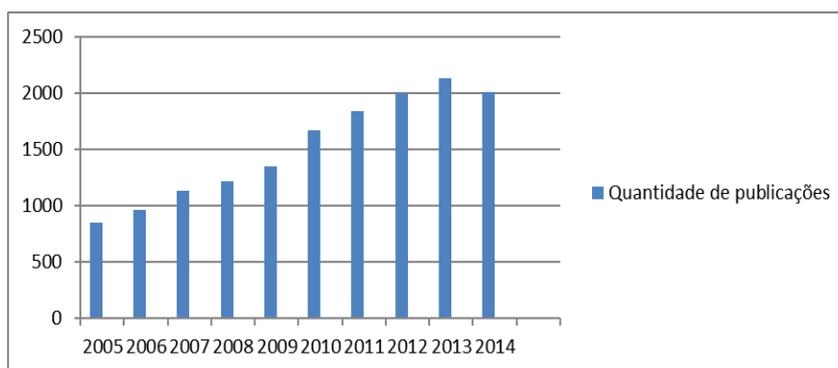


Figura 4 – Quantidade de publicações
Fonte: Elaborado pelos autores.

Enquanto no ano de 2005 o número de publicações estava abaixo de 1000 publicações, no ano de 2013 o número chegou a ser maior que 2000 publicações. Este crescimento pode ser um indicativo quanto ao interesse de pesquisa na área.

5 CENÁRIO DO DESASTRE

Santa Catarina é um dos estados do Brasil, localizado na região sul do país, com 295 municípios e 6.248.436 habitantes. Sua capital e sede do governo é a cidade de Florianópolis, localizada na Ilha de Santa Catarina (IBGE, 2010). O estado é coberto por várias bacias hidrográficas e muitos de seus municípios foram fundados às margens dos rios. É um dos

estados brasileiros que apresenta um conjunto mais forte de elevações e depressões do terreno.

O estado de Santa Catarina é cenário de alagamentos, enchentes, inundações bruscas e graduais, escorregamentos, estiagens, vendavais, tornados, nevoeiros e ressacas. Segundo o anuário brasileiro de desastres naturais (2012), o sistema climático na região está associado a eventos adversos e condições de estabilidade.

Em setembro de 2013, conforme relatório divulgado pela Defesa Civil de Santa Catarina, 92 cidades tiveram prejuízos com as chuvas no estado, os rios se elevaram mais de 10 metros causando inundações em várias regiões do estado. Um total de 31.147 pessoas sofreu com as cheias. Operações de resposta emergenciais ocorreram aproximadamente durante 14 dias (22/09/2013 até o dia 04/10/2013) e vários municípios decretaram situação de emergência.

A Mesorregião do Vale do Itajaí, que é formada pela união de 54 municípios agrupados em quatro Microrregiões (Blumenau, Itajaí, Ituporanga e Rio do Sul) foi a mais atingida. A situação mais crítica (JORNAL G1/SC, 2013) ainda é no município de Rio do Sul, com 6 mil pessoas desalojadas e 1.080 moradores desabrigados, e que no momento estão espalhados pelos 20 abrigos colocados à disposição pela Prefeitura Municipal.

Em Agronômica, Laurentino, Rio do Oeste ainda há pessoas desalojadas ou desabrigadas: 510 em Agronômica, 380 desalojados e 256 desabrigados e 528 pessoas desalojadas e 220 desabrigadas em Rio do Oeste.

A Figura 5 exibe a localização das 92 cidades atingidas pelas chuvas no estado de Santa Catarina durante este evento. Considerando a representatividade deste evento para o estado, foi desenvolvido o cenário criado a partir deste evento.

Devido ao elevado número de municípios atingidos no estado, buscou-se elaborar a pesquisa àqueles municípios que representam a Mesorregião do Vale do Itajaí, por ter sido, segundo dados da Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina, a região mais atingida.

A diretoria de resposta ao desastre da Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina está dividida em três gerências (Defesa Civil, 2015):

1. Gerência de Operações e Assistência: responsável por avaliar as demandas oriundas das cidades afetadas e organizar todas as ações que envolvem as operações de resposta aos desastres, especialmente no controle de sinistros, socorro às vítimas do desastre e assistência à população afetada.

2. Gerência de Logística e Mobilização: tem a atribuição de adquirir e encaminhar os itens definidos pela Gerência de Operações e Assistência às áreas afetadas, definindo todo o processo de aquisição, assim como o modal de transporte dos produtos e serviços especiais.
3. Gerência de Reabilitação e Restabelecimento: atua no auxílio da reabilitação dos cenários atingidos, analisando toda a necessidade de reestruturação dos serviços essenciais e restabelecimento emergencial das estruturas e obras de arte comprometidas. Assim como a orientação para confecção de planos de trabalho emergenciais e o tratamento/destinação do resíduo sólido oriundo de desastre.

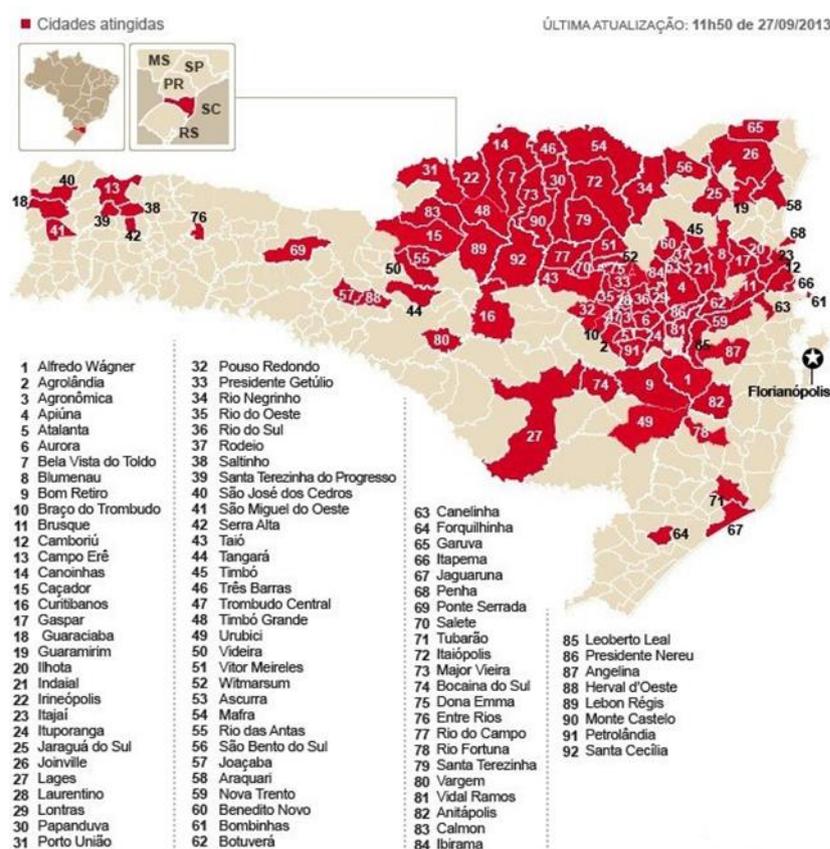


Figura 5 – Localização das cidades atingidas pela chuva no estado de Santa Catarina
 Fonte: Jornal G1/SC, 2013.

Segundo a gerência de logística e mobilização, os itens de assistência humanitária mais solicitados neste evento foram: cesta básica, *kit* limpeza, colchão e água.

Sendo assim, avaliaram-se as demandas destes produtos, por dia, para o atendimento emergencial nos municípios atingidos na Mesorregião do Vale do Itajaí.

Municípios que compõem a mesorregião do Vale do Itajaí são agrupados em Microrregiões (IBGE, 2015), considerou-se para a aplicação deste estudo a Microrregião de Blumenau, devido a sua representatividade referente à quantidade demandada e devido a sua localização.

Os municípios desta Microrregião de Blumenau foram agrupados, utilizou-se para isto, a matriz de distâncias mínima e definiu-se a alocação dos municípios. Cada grupo de municípios foi representado por um município sede. O Quadro 1 ilustra esta divisão.

Microrregião de Blumenau	
Município Sede	Municípios selecionados
Lontras	Aurora Rio do Sul Agronômica Lontras
Dona Emma	Rio do Oeste Taio Dona Emma
Laurentino	Rio do Campo Laurentino Vitor Meirelles

Quadro 1 – Municípios selecionados
Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta abordagem considera que no nível operacional, a organização local responsável ao atendimento emergencial, solicita a atualização dos dados de cada fornecedor, analisa a oferta e verifica os dados de entrada dos fornecedores parceiros. Identifica quais fornecedores locais estão ativos e estão enquadrados nos critérios de qualidade solicitada. No cenário em estudo, fornecedores da região de Blumenau foram acionados para atender a demanda solicitada.

A entrega dos itens de assistência humanitária foi então simulada para este cenário, buscou-se identificar qual o tempo de entrega do fornecedor até as regiões atingidas considerando a situação dentro da normalidade e a situação fora da normalidade.

6 MODELO DE SIMULAÇÃO

A fim de testar as opções referentes ao tempo de entrega dos Itens de Assistência Humanitária desenvolveu-se um modelo de simulação para eventos discretos para imitar as operações de entrega a partir do fornecedor, atendendo ao processo conforme apresentado na Figura 2. O modelo foi desenvolvido utilizando *software* de simulação Arena.

Especificamente para o desastre de inundação, ocorrido no estado de Santa Catarina no ano de 2013, foi feita uma coleta de dados e análise junto a gerencia de logística e mobilização da Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina sobre os seguintes parâmetros de entrada:

- (a) Demanda – analisou-se a quantidade solicitada de cada produto por dia que cobriam o total dos 14 dias de operação nos municípios atingidos. Esta análise ajudou a verificar que a concentração maior de solicitação estava na primeira semana e, assim, calculou-se a demanda média por produto em cada município da microrregião para este período de 7 dias.
- (b) Distância – verificou-se a distância entre os fornecedores de cada produto e os municípios sede da microrregião. Calculou-se o tempo de deslocamento de cada fornecedor até o município sede. Ressalta-se que os fornecedores utilizados estavam localizados no município de Blumenau. Consideraram-se duas situações, primeiro o tempo percorrido para a situação dentro da normalidade e, segundo o tempo percorrido para situação fora da normalidade. Neste caso, estimou-se um acréscimo máximo de 6 horas para cada viagem, o que se deve a queda de uma ponte.
- (c) Tempo de solicitação dos pedidos – analisou-se os documentos referentes à solicitação dos pedidos do coordenador local de cada município atingido para o gerente de logística e mobilização e, verificou-se que desde a entrega do documento ao gerente para a análise e avaliação até o despacho do pedido, o processo demorou em torno de 8 a 12 horas. Esta análise ajuda a determinar os padrões de fluxo do pedido, o que influencia no tempo de entrega.
- (d) Custo – verificou-se o preço atribuído por cada fornecedor para cada produto. E definiu-se como custo o preço médio por produto.

Uma vez que os dados foram obtidos encaixaram-se as funções estatísticas para caracterizar a variabilidade dos parâmetros. A Figura 6 apresenta um exemplo do modelo de simulação desenvolvido. Este modelo foi replicado para os grupos de municípios alocados conforme Tabela 1: grupos com município sede no município de Lontras (R_1), grupos com município sede no município de Dona Emma (R_2) e grupos com município sede no município de Laurentino (R_3).

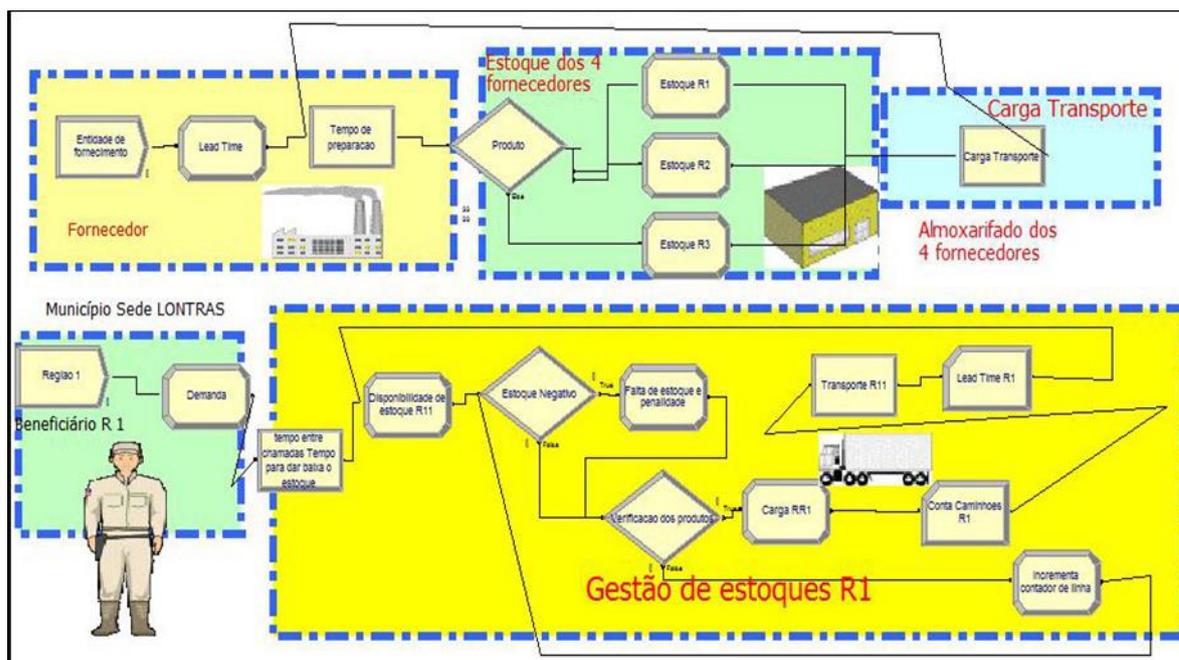


Figura 6 – Exemplo do modelo de simulação utilizado
 Fonte: Elaborado pelos autores.

A simulação foi desenvolvida para a situação de normalidade e para a situação fora da normalidade considerando que os itens de assistência humanitária serão entregues a partir do fornecedor até a região atingida, conforme Esquema I apresentado na Figura 3, por ser este o esquema utilizado pela Defesa Civil no estado em estudo.

6.1 Resultados

Foram feitas 10 replicações do modelo considerando um alto nível de estoque do fornecedor, visto ser considerado como fornecedor candidato somente aquele com capacidade de entrega para o período solicitado. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1 – Resultados totais

	Situação de normalidade			Situação fora da normalidade		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Lead Time	23h24m	23h10m	24h48m	31h44m	33h32m	31h15m
Custos (u.m.)	632.852	772.138	430.745	128.530	341.766	185.666
Viagens	72	61	58	7	7	6
Falta de estoque	0	0	0	0	0	0
Nível de serviço	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os custos definidos para cada região na Tabela 1 representam os custos dos 4 itens (Cesta Básica, *Kit* Limpeza, Colchão e Galão de 5 litros de água). Por exemplo, o custo de 632.852 u.m. é o custo da demanda total atendida na Região 1.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os custos e as demandas atendidas por item e por região na situação de normalidade e na situação fora da normalidade respectivamente.

Tabela 2 – Custos e demanda atendida por item e por região na situação de normalidade

Itens	Situação de Normalidade					
	Região 1		Região 2		Região 3	
	Custo (u.m.)	Demanda atendida (unid.)	Custo (u.m.)	Demanda atendida (unid.)	Custo (u.m.)	Demanda atendida (unid.)
1	465.675,32	3881	492.847,14	4107	373.509,42	3113
2	89.510,78	2557	33.714,98	963	45.197,97	1291
3	75.682,29	841	225.185,82	2502	9.834,37	109
4	1.984,2	567	20.390,81	5826	2.204,17	630

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Região 2 apresenta a maior quantidade demandada, esta região abrange os municípios de Rio do Oeste, Taio e Dona Emma (Quadro 1) e, a Região 3, que abrange os municípios de Rio do Campo, Laurentino e Vitor Meirelles (Quadro 1) apresenta a menor quantidade demandada.

Tabela 3 – Custos e demanda atendida por item e por região na situação fora da normalidade

Itens	Situação Fora da Normalidade					
	Região 1		Região 2		Região 3	
	Custo (u.m.)	Demanda atendida (unid.)	Custo (u.m.)	Demanda atendida (unid.)	Custo (u.m.)	Demanda atendida (unid.)
1	168.160,53	1401	218.145,45	1818	160.995,44	1342
2	32.323,24	924	14.923,02	426	19.481,84	557
3	27.329,72	304	99.672,41	1107	4.238,95	47
4	716,52	205	9.025,44	2579	950,07	271

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme já comentado anteriormente, em situações de normalidade, considera-se que as viagens não sofrem acréscimos de tempo e, situações fora da normalidade, devido à queda de uma ponte, estimou-se um acréscimo máximo de 6 horas para cada viagem.

A seguir apresenta-se a análise referente aos resultados obtidos considerando a relação do tempo inserido neste contexto

6.2 Análise

Na situação de normalidade, os itens de assistência humanitária foram entregues num tempo menor que 2 dias atendendo assim a demanda solicitada da semana, no prazo solicitado

(*lead time* em torno de 1 dia). Observa-se que a primeira região (R1) apresenta o número maior de viagens, ocorreram 72 viagens para a entrega dos itens de assistência no prazo pré-determinado e o maior custo das três regiões.

Para situação fora da normalidade, a demanda solicitada não foi cumprida, ou seja, somente alguns itens de assistência humanitária foram entregues. Apesar dos municípios estarem relativamente próximos a escolha de mudança da rota ou ainda a espera por socorro fez um acréscimo de 6 horas para as viagens o que impossibilitou a entrega dos itens de assistência.

Apenas 7 viagens foram possíveis de ser realizadas para a primeira e segunda regiões (R1 e R2), ou seja, mesmo o fornecedor tendo capacidade para atender visto que a falta de estoque é zero, não foi possível fazer a entrega de toda a demanda solicitada na semana. Somente aqueles itens entregues com tempo médio de entrega de aproximadamente 32 horas foram concretizados nas três regiões.

7 CONCLUSÃO

O desafio de logística humanitária é a de “fazer chegar a ajuda certa para as pessoas certas, na hora certa”. Para isto, um inventário correto das necessidades, o transporte de mercadorias e um sistema de entrega que é tão eficiente quanto às circunstâncias permite que ele seja, são uns dos elementos chave para atingir este desafio.

Apesar do elevado número de pessoas e regiões atingidas, o Brasil ainda apresenta um cenário não catastrófico. Como o país lida com o evento, depende muito do governo, da sociedade, e da vulnerabilidade da população. Diante deste contexto, um cenário de inundação no Estado de Santa Catarina – Brasil foi simulado usando as atividades de aquisição e transporte conforme Blecken (2010) para a modelagem do processo de entrega de itens de assistência de uma organização humanitária (Figura 2).

O modelo de simulação recriado a partir de dados apresentados pela organização humanitária, em que os itens de assistência são entregues a partir do fornecedor diretamente para a região atingida (Esquema I) mostrou que quando alguma intervenção ocorre na rota escolhida, de forma a causar um atraso.

Assim, o fornecedor não consegue atender totalmente a demanda de entrega dos itens de assistência humanitária para o prazo exigido de no máximo 48 horas considerando-se que a frequência de pedidos ocorre de 8 a 12 horas para os 7 dias. Desta forma, o escolher o Esquema III, seria melhor, onde a cadeia de abastecimento é baseada estrategicamente em

uma estrutura pré-posicionada de CDs e então, no momento emergencial, a distribuição é feita a partir dos CDs dentro da sua região geográfica assim como os fornecedores também fazem a entrega diretamente para a região atingida.

Este modelo descentralizado vem de encontro com o aplicado pela (*International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies – IFRC, 2012*) e, apesar de melhorar a eficiência e a eficácia das operações nas organizações humanitárias, é muito difícil estimar a demanda exata e a localização do próximo desastre. Sendo assim, para auxiliar na área atingida pelo desastre, as organizações que estão atuando no atendimento aos desastres devem configurar uma cadeia de fornecimento temporário

Na busca de minimizar o tempo de resposta, neste trabalho, a simulação auxiliou a modelagem do processo de entrega dos itens de assistência humanitária (Figura 2) na tomada de decisão referente a escolha do melhor esquema (I, II ou III). Dessa forma dependendo do tipo de desastre e da intensidade deste desastre na região atingida, a organização humanitária pode identificar aquele que melhor se adequa para a área afetada.

Para futuras pesquisas, novas funções poderão ser introduzidas para caracterizar a variabilidade dos parâmetros e, nova variável inserida, tal como o tipo de modal de transporte adequado. A introdução de nova variável, por sua vez, irá levar a outras tarefas no RTM e, portanto, deve influenciar na modelagem de processos em logística humanitária.

MODELING AND SIMULATION OF THE PROCESSES FOR DELIVERY OF HUMANITARIAN RELIEF ITEMS IN DISASTER

ABSTRACT: This paper presents a case study of a natural disaster caused by flooding from the perspective of logistics and focusing on humanitarian logistics activities. The proposed approach uses the simulation for event discrete for the flood scenarios occurred in southern Brazil, using logistic activities of the acquisition and transportation to the modeling of the process of delivery of assistance items of a humanitarian organization. We used the approach of the quantitative empirical research. The main contribution is the support of decision making related to the task that influence the time of delivery of humanitarian assistance items. In the search to minimize the response time, the simulation helped in the modeling of the process relating to choice of the best delivery layout of humanitarian assistance items.

Keywords: Humanitarian logistics. Simulation. Modeling. Delivery process.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao departamento de Pós-graduação em Engenharia da Produção da UFSC e ao apoio financeiro da Capes.

REFERENCIAS

BEN-TAL, A.; CHUNG, B.; MANDALA, S.R.; YAO, T. Robust optimization for emergency logistics planning: Risk mitigation in humanitarian relief supply chains. **Transportation Research Part B**, v. 45, p. 1177-1189, 2011.

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

BLECKEN, A. **A reference task model for supply chain processes of humanitarian organizations**. Doctorate Thesis. Institute of the University of Paderborn, 2009.

BLECKEN, A. Supply chain process modelling for humanitarian organizations. **Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 8/9, p. 675-692, 2010.

BOIN, A.; HART, P. Organising for effective emergency management: lessons from Research. **The Australian Journal of Public Administration**, v. 69, n. 4, p. 357-371, 2010.

BOTTANI, E.; MONTANARI, R. Supply chain design and cost analysis through simulation. **International Journal of Production Research**, v. 48 n. 10, p. 2859-2886, 2010.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de eventos discretos**. Teoria e Aplicações. 3.ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2010.

DEFESA CIVIL. **Secretaria do Estado de Defesa Civil**. 2015. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/institucional/resposta/gerencia-de-logistica-e-mobilizacao.html>>. Acesso em 15.01.2014

ERTEM, M.A.; BUYURGAN, N. A Procurement Auctions-Based Framework for Coordinating Platforms in Humanitarian Logistics. **Humanitarian and Relief Logistics Operations Research/Computer Science Interfaces Series**, Springer, v. 54, p. 111-127, 2013.

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

FERREIRA, F. **Dynamic response recovery tool for emergency response within state highway organisations in New Zealand**. Thesis Doctor of Philosophy at the University of Canterbury, 217 p, Nova Zelândia, 2010.

HARMONSKY. Simulation. **Chapter 12 in Operations Research and Management Science Handbook**. Edited by A. Ravi Ravindran, Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis, 2008.

HOLGUÍN VERAS, J.; JALLER, M.; WASSENHOVE, L.V.; PEREZ, N.; WACHTENDORF, T. On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. **Journal of Operations Management**, v. 3, n. 7-8, p. 494-506, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 14.02.2014.

IFRC. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. 2012. Disponível em: <<http://www.ifrc.org/en/what-we-do/logistics/>>. Acesso em 12.01.2015.

Jornal G1/SC. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2013/09/>>. Acesso em 15.01.2014.

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.

LAW, A. M.; MCCOMAS, M.G. How to build valid and credible simulation model. In: Proceedings of the 2001, Winter Simulation Conference, p. 22-29, 2001.

LIMA, F. S. (2014). **Logística humanitária: modelagem de processos para a fase de aquisição na resposta a desastres naturais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 2014b.

LIMA, F.S.; OLIVEIRA, D.; GONÇALVES, M.B. Methodology for clustering cities affected by Natural Disasters. **Advances in Intelligent Systems and Computing. New Perspectives in Information Systems and Technologies**. Springer, p. 97-107, v. 1, 2014a.

MANUJ, L.; MENTZER, J.T.; BOWERS, M.R. Improving the rigor of discrete-event simulation in logistics and supply chain research. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 39, n. 3, p. 172-201, 2009.

MASSEI, M.; POGGI, S.; AGRESTA, M.; FERRANDO, A. Development planning based on interoperable agent driven simulation. **Journal of Computational Science**, v. 5, p. 395-407, 2014.

MCGUIRE, G.A. **A development of a supply chain management framework for health care goods provided as humanitarian assistance in complex political emergencies**. PhD Thesis, Wirtschaftsuniversität Wien, Vienna, 2006.

MOHAN, S.; GOPALAKRISHNAN, M.; MIZZI, P.J. Improving the efficiency of a non-profit supply chain for the food insecure. **International Journal Production Economics**, v. 143, p. 248-255, 2013.

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

QUARANTELLI, E.L. Catastrophes are different from disasters: implications for crisis planning and managing drawn from katrina understanding Katrina perspectives from the social sciences. 2006. Disponível em <<http://understandingkatrina.ssrc.org/Quarantelli>> Acesso em 15.11.2010.

- THOMAS, A. Elevating Humanitarian Logistics. **International Aid & Trade Review**, 2004.
- TOMASINI, R.; WASSENHOUE, L.V. **Humanitarian logistics**. Insead Business Press. 2009.
- TUFINKGI, P. Logistik im kontext internationaler katastrophenhilfe: Entwicklung eines logistischen referenzmodells für katastrophenfälle. Ed. Haupt Verlag. Bern. Stuttgart Wien. 2006.
- VALLEJO, J.F.C.; RODRÍGUEZ, E.G.; ALMAGUER, F.J.; RAMÍREZ, R.G.G. A bi-level optimization model for aid distribution after the occurrence of a disaster. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 134-145, 2015.
- WACHTENDORF, T.; BROWN, B; HOLGUIN-VERAS, J. Catastrophe characteristics and their impact on critical supply chains: problematizing materiel convergence and management following Hurricane Katrina. **Journal of Homeland Security and Emergency Management** v. 10, n. 2, p. 497-520, 2013.
- WIDERA, A.; HELLINGRATH, B. Improving Humanitarian Logistics - Towards a Tool-based Process Modeling Approach. **In: Proceedings of the Logistik management**. Bamberg, p. 273-295, 2011.
- WILBERG, K.H.; OLAFSEN, A.L. **Improving humanitarian response through an innovative pre-positioning concept**: an investigation of how commercial vessels can be used to store and transport relief items. BI Norwegian Business School MSc Thesis, 134p. Noruega 2012.

Originals recebidos em: 29/11/2015

Aceito para publicação em: 15/05/2016