

# **O ENFOQUE DA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA NO DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE DINÂMICA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS: O CASO DO VALE DO ITAJAÍ EM SANTA CATARINA.**

**Christiane Wenck Nogueira**

**Mirian Buss Gonçalves**

**Daniel de Oliveira**

**Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Catarina**

## **RESUMO**

Situações de natureza emergencial como desastres naturais (furacões, enchentes, terremotos, maremotos), atentados terroristas, guerras e outros eventos desta natureza exigem um tratamento logístico especial, denominado de logística humanitária. Ela busca à pronta resposta, visando 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. O objetivo deste artigo é mostrar os resultados do desenvolvimento de um sistema computacional para situações emergenciais, baseado em uma rede dinâmica. O sistema foi concebido para utilização em dois módulos distintos. Embora a concepção da rede dinâmica possa ser utilizada de maneira genérica, foi implementada num estudo de caso para a região do Vale do Itajaí em Santa Catarina. Esta região foi duramente afetada pelas enchentes e deslizamentos de terra em novembro de 2008.

## **ABSTRACT**

Emergency situations such as natural disasters (hurricanes, floods, earthquakes, and tsunamis), terrorist attacks, wars and other events of this nature demand a special logistics approach, called humanitarian logistics. This seeks a swift response, to help the greatest number of people, to avoid wastage and shortages, to organize the various donations that are received in such cases and, especially, act within a limited budget. This objective of the paper is shows the results of the development of a computing system for emergency situations, based on a dynamic network. The system was designed for use in two separate modules. Although the concept of a dynamic network can be used generically, it was implemented in a case study for the region of Vale do Itajaí in Santa Catarina. This region was severely affected by the floods and landslides in November 2008.

## **1. INTRODUÇÃO**

Hoje, a comunidade internacional tem reconhecido que a magnitude, o número de pessoas afetadas e a recorrência de desastres produzidos por fenômenos de ordem natural ou não, têm aumentado. Episódios como o tsunami e o terremoto na Ásia em 2004, os furacões no Caribe e os terremotos no Paquistão em 2005, o terremoto na China em 2008; no Brasil, as enchentes e deslizamentos ocorridos no sul em 2008, as enchentes no nordeste em 2009, entre outros, têm demonstrado a vulnerabilidade das sociedades atuais e evidenciado a logística humanitária e o desenvolvimento de estudos nesta área. Recentemente, alguns pesquisadores vêm tratando o tema (Beamon, 2004; Thomas, 2004; Beamon, 2006; Thomas, 2007; Nogueira et al., 2007; Nogueira et al., 2008; Wassenhove et al., 2008; Wassenhove et al., 2009).

Grandes desafios de pesquisa são apontados na direção da implementação de processos logísticos sistematizados com foco na logística humanitária, merecendo destaque o desenvolvimento de tecnologias de informação que tratem de aspectos como: distribuição de recursos, centrais de assistência, processos (pessoas, suprimentos, informações, materiais).

O presente artigo insere-se neste contexto mais amplo. Neste sentido, o desenvolvimento de um ambiente computacional para localização de centrais de recursos emergenciais e distribuição desses recursos em uma rede dinâmica geo-referenciada pode servir de base para o aprimoramento de operações e coordenação de processos em uma situação de emergência.

O artigo inicia abordando os procedimentos metodológicos. Na sequência, são apresentados

os conceitos associados à logística humanitária. Em seguida, a modelagem do problema da rede dinâmica. Finalmente, é apresentado o estudo de caso e as especificidades do sistema.

## 2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho envolveu várias áreas do conhecimento. Nestas diversas áreas, os devidos aprofundamentos foram feitos gradativamente. As etapas do trabalho e implementação do sistema foram:

- pesquisa sobre a logística humanitária e sua importância na atualidade, bem como aplicações e sugestões de estudos na área;
- pesquisa sobre p-medianas e caminhos mínimos, pretendendo obter subsídios para a localização de centrais de recursos emergenciais e a melhor rota de distribuição desses recursos de maneira dinâmica;
- pesquisa sobre projeto e arquitetura de sistemas, visando o embasamento das decisões relacionadas à estruturação do sistema como um todo;
- projeto propriamente dito do sistema e todos os requisitos de funcionamento;
- implementação do sistema no estudo de caso para a região do Vale do Itajaí, em Santa Catarina.

## 3. A LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

A base do desenvolvimento dos conceitos da logística humanitária está nos objetivos da logística relacionados à cadeia de abastecimento comercial, ou seja, vencer tempo e distância na movimentação de materiais e serviços de forma eficiente e eficaz.

A logística humanitária é a função que visa o fluxo de pessoas e materiais de forma adequada e em tempo oportuno na cadeia de assistência, com o objetivo principal de atender de maneira correta o maior número de pessoas (Beamon, 2004).

Logística humanitária são processos e sistemas envolvidos na mobilização de pessoas, recursos e conhecimento para ajudar comunidades vulneráveis, afetadas por desastres naturais ou emergências complexas. Ela busca à pronta resposta, visando 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. (Federação Internacional da Cruz Vermelha, 2007).

A logística humanitária é a função que é exigida para assegurar com eficiência e eficácia o fluxo de suprimentos e pessoas com o propósito de salvar vidas e aliviar o sofrimento de pessoas vulneráveis (adaptado de Thomas, 2004).

Os conceitos apresentados destacam que, não basta ser eficiente, é necessário ser eficaz, isto é, na perspectiva da logística humanitária, o auxílio deve chegar ao seu destino de maneira correta e em tempo oportuno sempre com foco no alívio do sofrimento e na preservação da vida.

Neste sentido, é importante destacar algumas das características que apontam grandes desafios à logística humanitária (Meirim, 2007):

- **materiais:** o que é necessário? para onde deve ser enviado? acúmulo de doações nas primeiras semanas, gerando assim desperdícios e avarias, devido a itens inadequados;
- **ausência de processos coordenados:** informações, pessoas e materiais;

- **infra-estrutura:** na maior parte dos casos destruída, dificultando assim o acesso, a chegada de recursos e a saída de pessoas;
- **recursos humanos:** excesso de pessoas (voluntários) sem treinamento adequado, heróis que agem somente com a emoção, celebridades que só querem aparecer neste momento, pessoas que vão para o local e não conhecem a magnitude do problema.

### 3.1 A logística Humanitária e a Logística Empresarial

O principal objetivo da logística empresarial é entregar os produtos certos na quantidade exata aos locais corretos no tempo adequado. Neste sentido, o processo envolvido abrange todas as atividades associadas com o fluxo e transformação da mercadoria e informação desde o ponto inicial até o ponto final.

Apesar de a logística humanitária ter semelhanças com a cadeia de abastecimento comercial, em termos de estrutura e atividades logísticas, a logística humanitária difere em vários aspectos. O caráter imprevisível, dinâmico e caótico do ambiente no qual a cadeia de assistência humanitária está inserida é único e tem características próprias.

As condições enfrentadas no ambiente comercial são diferentes das enfrentadas por organizações de assistência humanitária. Neste sentido, a logística humanitária e a logística empresarial apresentam características que levam a distintas abordagens. Essas características incluem (Moore,2000):

-**fontes de renda:** as fontes de renda são uma das principais diferenças entre a abordagem empresarial e a humanitária. No enfoque humanitário, normalmente as fontes de renda são obtidas por meio de incentivos governamentais, doações individuais e corporativas. Na abordagem empresarial, as fontes de renda estão basicamente relacionadas à venda de produtos e serviços aos clientes. Em geral, as organizações de assistência humanitária asseguram seus rendimentos de pessoas e organizações que esperam outros benefícios que não um retorno econômico;

-**objetivos:** o objetivo principal no enfoque empresarial é obter lucro e rendimento financeiro satisfatório aos interessados. Por outro lado, a geração de lucro não deve ser o objetivo principal de uma organização de assistência humanitária. No entanto, Moore (2000) afirma que as organizações de assistência humanitária não devem deixar de se preocupar com o bem estar financeiro, pois a estabilidade financeira é fundamental para a realização das missões e sobrevivência das organizações. As organizações de assistência humanitária devem monitorar seus gastos e cumprir com o orçamento econômico, mas seu sucesso não pode ser medido financeiramente;

-**intervenientes:** definidos como qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou ser afetado pela conquista dos objetivos de uma organização. As empresas e as organizações de assistência humanitária são distintas em termos das características dos seus intervenientes. As empresas têm um grupo de interesses claramente definido, normalmente traduzido em termos financeiros. Por outro lado, as organizações de assistência humanitária não têm fins lucrativos e buscam atender objetivos de doadores financeiros, destinatários de serviços, funcionários e voluntários e esses objetivos podem ser heterogêneos.

### 3.2 Desafios à logística humanitária

As características específicas da logística humanitária trazem grandes desafios no sentido do desenvolvimento de modelos que possam levar em conta estas especificidades. Assim, é importante considerar aspectos como: a descrição e estruturação dos canais de assistência

humanitária, a configuração da rede para situações emergenciais, controle de estoque e sua relação com o alto grau de customização e incerteza da demanda.

Neto (2000) apresenta algumas ações práticas a serem executadas no gerenciamento de desastres. Dentre elas, pode-se destacar: desenvolvimento de projetos de sistemas de previsão, monitoramento e alerta; análises custo/benefício sobre medidas estruturais de mitigação de desastres naturais; análise de áreas de riscos e de possíveis danos; elaboração de planos emergenciais gerais; elaboração de planos emergenciais localizados e mais específicos; determinação de espaços para abrigo de vítimas e evacuação de habitantes; planejamento de políticas de controle do uso do solo, controle de construções, educação e legislação; simulação de crescimento urbano e análise de efeitos; desenvolvimento de planos de mobilização; desenvolvimento de políticas de planejamento e apoio logístico.

A Política Nacional de Defesa Civil (2000) divide o gerenciamento de desastres em três fases distintas: antes, durante e depois. Para cada uma destas fases, existe uma série de desafios à logística humanitária. Neste sentido, tem-se:

**1.fase de preparação de desastre (antes):** é considerada pela defesa civil como a etapa mais nobre de todo o processo. Tem por objetivo o desenvolvimento de projetos que proporcionem um aumento da capacidade de atendimento à emergência. Envolve: Monitoramento, Alarme, planejamento operacional e de contingência, mobilização e apoio logístico. Nesta fase, pode-se apontar à logística humanitária alguns desafios como:

- levantamento prévio de potenciais “sítios” (disponíveis ou adaptáveis) para o estabelecimento de centrais de recebimento, controle e distribuição de recursos;
- coordenação e estabelecimento prévio de atribuições das instituições envolvidas;
- estabelecimento de parcerias (de transporte, suprimentos, recursos, etc.);
- desenvolvimento de modelos e sistemas;
- treinamento de pessoas (familiarização com softwares, simulações).

**2. fase do desastre (durante):** é a fase do atendimento propriamente dito. É a que demanda maior urgência abrangendo o socorro às vítimas, a assistência à população vitimada e a avaliação dos danos. Nesta fase, alguns desafios à logística humanitária são:

- destaque claro de que o principal objetivo é salvar vidas;
- levantamento da malha viária (vias interrompidas, acesso às diversas comunidades);
- levantamento da necessidade de sistemas alternativos (transporte por helicópteros, barcos, botes, etc.);
- análise da infra-estrutura (locais rapidamente adaptáveis, locais para instalações flexíveis – de campanha);
- verificação da acessibilidade externa (rodovias, aeroportos, portos, etc.);
- campanhas iniciais bem focadas em materiais e suprimentos básicos: água potável, leite, alimentos prontos, alimentos para bebês, kits de desinfecção, remédios, kits de abrigo, produtos de higiene pessoal;
- distribuição dos produtos.

**3.pós-desastre(depois):** tem como objetivo o completo restabelecimento das condições de normalidade dos serviços públicos, da economia da região, do bem estar da população atingida. A terceira fase traz à logística humanitária muitos dos desafios citados na fase anterior. No entanto, é importante destacar que aqui os produtos incluem: cestas básicas, colchões, roupas, cobertores, material de construção, etc.

Embora as atividades estejam divididas de maneira isolada e independente, na prática não

podem estar desagregadas uma das outras. O inter-relacionamento entre elas é que irá permitir, na prática, o desenvolvimento de ações de prevenção e preparação para os desastres.

No contexto apresentado, é conveniente destacar a importância de que a população deve estar efetivamente preparada e orientada do que fazer e como fazer, somente desta forma a comunidade poderá dar uma resposta eficiente a todas as ações que tenham sido implementadas. Nos países desenvolvidos as comunidades participam de simulações sobre situações de emergência, como fogo, terremotos, etc.

Na sequência, são descritos todos os fundamentos para o desenvolvimento do sistema, que contempla o problema da localização de uma central de recursos emergenciais e a distribuição desses recursos na rede, de maneira dinâmica.

#### 4. MODELAGEM DO PROBLEMA

Neste estudo a localização de centrais de distribuição de recursos está inserida num problema de p-medianas, já a distribuição de recursos emergenciais na rede está inserida no problema de caminhos mínimos. É importante salientar que, em uma situação de emergência, algumas vias podem ter o acesso interrompido por diversos motivos. Neste sentido, surge o caráter dinâmico da rede. Na sequência, serão detalhados estes conceitos.

O problema de p-medianas consiste em encontrar a localização de um número  $p$  específico e pré-determinado de facilidades de modo a minimizar a distância média percorrida, ou o tempo médio de viagem, ou o custo médio de viagem.

Considera-se um grafo não direcionado  $G(N, A)$  com  $n$  nós. Toma-se um inteiro  $p$  e escolhe-se um conjunto de  $p$  pontos do grafo, indicado por  $X_p$ . Indica-se por  $d(X_p, j)$  a distância mínima entre qualquer elemento de  $X_p$  e o nó  $j$  do grafo  $G$ . Ou seja,

$$d(X_p, j) = \min_{x_i \in X_p} \{d(x_i, j)\} \quad (1)$$

Um conjunto  $X_{p^*}$  de pontos do grafo  $G$  é dito um conjunto de p-medianas de  $G$  se para todo  $X_p$  constituído de nós de  $G$ , tem-se:

$$J(X_{p^*}) \leq J(X_p) \quad (2)$$

Onde,

$$J(X_p) = \sum_{j=1}^n h_j d(X_p, j) \quad (3)$$

e  $h_j$  representa um peso atribuído ao nó  $j$ .

O Teorema de Hakimi garante que, para o problema clássico de mediana, existe pelo menos um conjunto de p-medianas nos nós do grafo  $G$ . (Larson; Odoni, 1981)(Christofides, 1975).

A seguir, será apresentado o problema de caminhos mínimos, que é utilizado na estruturação da rede dinâmica contemplada no modelo computacional desenvolvido para situações emergenciais.

Para cada arco de um grafo, define-se a distância que ele representa. O objetivo deste tipo de problema é encontrar o caminho mais curto entre dois nós. O problema do caminho mínimo pode ser utilizado também para representar custos ou tempos mínimo. Suponha a rede apresentada na figura 1.

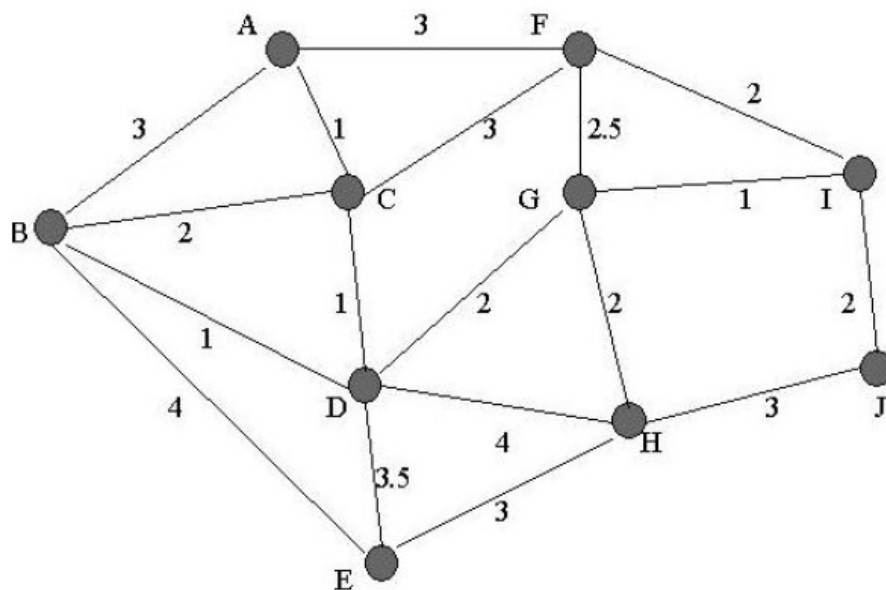


Figura 1: Representação de uma rede simplificada  
Fonte: Drezner, 1995.

Podem existir vários caminhos entre pares de vértices, que passem pelas arestas. Entre os pontos A e C está claro que o menor caminho vale 1, mas começa a ficar difícil visualizar o menor caminho entre outros pares, como por exemplo, entre B e J, devido ao grande número de opções.

#### 4.1 O algoritmo

Existem vários algoritmos que podem ser usados para resolver o problema de caminhos mínimos. Um dos mais antigos e fundamentais é conhecido como algoritmo de Dijkstra. Utiliza-se este algoritmo para determinar o caminho mínimo de um nó para outro nó ou para todos os outros nós da rede. É considerado um algoritmo bastante eficiente e a sua utilização só é possível quando o valor atribuído a cada arco da rede é positivo. O algoritmo de Dijkstra é um algoritmo iterativo que se utiliza de uma fórmula de recorrência descrita por:

$$d(x)^i = \min\{d(x)^{i-1}, d(y) + d(y, x)\} \quad (4)$$

onde:

$d(x)^i$  - Comprimento do caminho da origem  $S$  até o nó  $x$  ( na iteração atual);

$d(y)$  - Comprimento do caminho da origem  $S$  até o nó fechado  $y$ ;

$d(y, x)$  - Comprimento do arco  $(y, x)$

O algoritmo considera que um nó é “fechado” quando se encontra o caminho mínimo da origem até este nó e aqueles nós cujos caminhos mínimos ainda não foram encontrados são considerados ativos ou “abertos”.

A idéia de aberto e fechado está associada à impossibilidade de se encontrar um caminho melhor do que o já encontrado. Assim, enquanto o nó não é rotulado (ou fechado) ainda é possível encontrar um caminho de menor valor da origem até este nó.

O algoritmo está estruturado da seguinte forma (Larson; Odoni, 1981):

1. Atribui-se um valor  $d(x)$  para cada um dos vértices do grafo sendo:

$$d(s) = 0 \text{ e}$$

$$d(x) = \infty \text{ para todo } x \neq s$$

Considere  $y$  o último nó rotulado (fechado).

Inicialmente o nó  $s$  é o único rotulado e  $y=s$ .

2. Para cada nó  $x$  não-fechado (aberto) redefine-se  $d(x)$  conforme a expressão

$d(x)^i = \min\{d(x)^{i-1}, d(y) + d(y, x)\}$ . O nó “aberto” que possuir o menor valor  $d(x)$  é “fechado” e se faz  $y=x$ .

3. Se o nó de destino  $t$  foi “fechado” então pare, um caminho de  $s$  para  $t$  foi encontrado. Se o  $t$  ainda não foi “fechado” volte ao passo 2.

Os nós rotulados (fechados) formam uma arborescência de raiz  $s$  e o caminho de  $s$  para qualquer nó  $x$  contido em qualquer caminho é um caminho mínimo de  $s$  para  $x$ . Desta forma, se a idéia é saber os caminhos com origem em  $s$  para todos os demais nós da rede, é necessário prosseguir com o algoritmo até que todos os nós tenham sido rotulados.

Existe uma variação do algoritmo de Dijkstra conhecida como *Label setting* que possui restrições com relação à existência de ciclos na rede. O algoritmo de *Label correcting* elimina tal restrição sendo apresentado a seguir (Caetano; Gualda, 2005):

1. todos os nós são etiquetados, indicando a distancia acumulada “0” e “-1” como o nó antecessor. Indica-se também em todas as etiquetas que seus sucessores não precisam ser calculados, com o valor “0”.

2. Marca-se o nó  $O$  (origem) como sendo antecessor de si próprio, indicando “0” em sua etiqueta, distancia total acumulada “0” e indicando que este nó precisa ter seus sucessores calculados, indicando “1” na etiqueta.

3. Dentre todos os nós marcados para que seus sucessores sejam calculados, seleciona-se aquele que tem menor distância acumulada. Se não houver qualquer nó com indicação de recálculo de sucessores, fim do processo.

4. Para o nó selecionado, calcula-se a distância total acumulada para todos os nós sucessores deste, sendo esta distância a soma da distância total acumulada até o nó atual com o comprimento do arco que liga este nó ao referido sucessor.

5. Caso o nó sucessor não tenha ainda sido etiquetado com um antecessor ou ainda que a nova distância seja inferior à anteriormente indicada na etiqueta do sucessor, indica-se no nó sucessor a nova distância acumulada, o novo nó antecessor e também indicar que seus descendentes precisam ser recalculados.

Larson; Odoni (1981) descrevem que para alguns casos é necessário encontrar a matriz de distâncias de caminhos mínimos entre cada vértice e todos os outros vértices da rede. Neste sentido, é apresentado o algoritmo de Floyd que possibilita construir esta matriz:

1. numere os vértices do grafo de 1 até  $n$ . Defina a matriz  $D^0$ , cujos valores  $d_{ij}^0$  correspondem ao valor (tamanho) dos arcos  $i, j$  se existir o arco no grafo; Caso contrário considere  $d_{ij} = \infty$ , e faça os elementos da diagonal da matriz iguais a zero, ou seja,  $d_{ij} = 0$  para todo  $i=j$ .

2. Para cada  $k=1, \dots, n$ . determine de forma sucessiva os elementos da matriz  $D^k$  a partir dos elementos da matriz  $D^{k-1}$ . Este processo é repetido até que  $k=n$  e, neste caso, o valor do caminho mínimo de todos os pares  $i, j$  do grafo estão definidos na matriz  $D^n$ .

É importante salientar que  $d_{ij}^k = 0$  para todo  $i$  e para todo  $k$ , desta forma, não é necessário

efetuar os cálculos dos elementos da diagonal das matrizes. Além disso,  $d_{ik}^{k-1} = d_{ik}^k$  e  $d_{ki}^{k-1} = d_{ki}^k$  para todo  $i=1,2,\dots,n$ . O que significa que os elementos da linha e da coluna  $k$  da matriz  $D^k$  são iguais ao da matriz  $D^{k-1}$ . Este fato ocorre porque o nó  $k$  não pode ser um nó intermediário de um caminho que se inicia ou termina nele mesmo, desde que não existam ciclos negativos. Desta maneira, em cada matriz  $D^k$  somente  $(n-1)(n-2)$  elementos precisam ser calculados que são elementos que não estão nem na diagonal nem na  $k$ -ésima linha e coluna.

Para que se identifiquem os nós que fazem parte dos caminhos mínimos cujos valores são dados pela matriz  $D^n$ , é necessário guardar, a cada iteração, o penúltimo nó que forma aquele caminho. Desta forma, a partir desta matriz pode-se identificar os nós que formam aquele caminho, por meio de um processo de roteamento.

#### **4.2 A rede dinâmica e a localização de centrais**

Um dos principais objetivos do trabalho é de realizar uma aplicação computacional que sirva de ferramenta aos conceitos associados à logística humanitária e possa servir de base para realização de simulações, treinamentos e ferramenta em uma situação de emergência. Neste sentido, o modelo tem como base uma rede geo-referenciada. Permite:

- determinar a melhor localização de uma central emergencial para uma região específica;
- a interrupção de links;
- a destruição de nós;
- a simulação de cenários.

A interrupção de links no modelo irá refletir a idéia de que, em uma situação de emergência, algumas vias podem ter o acesso interrompido por motivos como: a queda de barreiras, cheias, destruição de pontes, etc. A destruição de nós caracteriza o fato de que uma central de emergencial também pode ser atingida.

O modelo trabalha dentro de um ambiente dinâmico e permite a realização de simulações e análise de situações emergenciais.

### **5. O ESTUDO DE CASO**

A modelagem descrita anteriormente foi implementada para a região do Vale do Itajaí em Santa Catarina. A escolha desta região deve-se ao fato de ser uma região historicamente afetada por desastres naturais e por ter sido recentemente atingida.

#### **5.1 O Vale do Itajaí e o Desastre de novembro de 2008**

O Vale do Itajaí é uma das seis regiões do estado de Santa Catarina. Devido as suas características geológicas é dividido em três sub-regiões: o alto, o médio e o baixo vale. Sua importância pode ser destacada pelos seguintes dados (Comitê do Itajaí): a região consome 26,56% da energia demandada no Estado, contribui em 28% ao PIB global de Santa Catarina, e em 1,1% ao PIB brasileiro. Os municípios de Blumenau, Itajaí, Rio do Sul e Brusque são considerados pólos industriais e de desenvolvimento na economia regional.

Esta região é afetada, tradicionalmente, por desastres naturais. Em 150 anos de registros, foi afetada por 67 enchentes de médias e grandes proporções. Ao longo da história, as tentativas de encontrar soluções para este problema do Vale do Itajaí foram diversas. Uma das cidades



que mais tem investido em soluções tecnológicas é a cidade de Blumenau. Mesmo assim, tem percebido a necessidade de procurar novas tecnologias e soluções principalmente em relação ao problema das cheias.

Em novembro de 2008, a região citada foi atingida pelos desastres naturais das enchentes e deslizamentos de terra como nunca antes registrado. No período especificado verificou-se uma quantidade de chuva, que devido a sua intensidade e continuidade provocou enchentes e diversos deslizamentos sobre as encostas.

De acordo com a Epagri, não há registro de um novembro tão chuvoso nas regiões da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Litoral Norte como observado em 2008, quando diversos recordes históricos foram quebrados. Em Blumenau, os totais do mês ficaram em torno de 1000 mm (equivalente a 1.000 litros/m<sup>2</sup>), para uma média climatológica mensal de aproximadamente 150 mm. As chuvas acumuladas horárias observadas no Vale do Itajaí foram classificadas na maior parte do tempo como moderadas, porém com poucos períodos sem chuva.

O grande volume de chuva e a continuidade da mesma provocaram grandes inundações na região. O caráter de continuidade das chuvas acabou por trazer um outro evento, ainda mais devastador, dos grandes deslizamentos de terra com consequências trágicas.

Na figura 2, é possível observar alguns aspectos da região afetada.

Segundo dados da Defesa Civil do estado, foram registradas 135 mortes. Estima-se que 79mil pessoas perderam suas casas. 19 rodovias da região ficaram interditadas, isolando completamente muitas cidades.



Figura 2: Alguns aspectos da região afetada.

## 5.2 O Problema Logístico

O desastre descrito anteriormente demonstrou a vulnerabilidade e o despreparo logístico da população e das autoridades aos desastres naturais. O desastre colocou em evidência uma série de questionamentos em relação à infra-estrutura das cidades, às vias de transporte, à segurança pública em situações de emergência.

O caso demonstra que há significativa vulnerabilidade, indica a urgência de melhoria da infra-estrutura em geral, e em específico, uma necessidade de pesquisas associadas à tecnologias de informação e a construção de sistemas que possam servir de base na coordenação de processos, principalmente no que se refere a questão logística.

Os aspectos da logística humanitária evidenciados no caso são:

- grande volume de doações nacionais e internacionais sendo desviadas por falta de locais apropriados;
- atraso na distribuição;
- problemas na localização de centrais de armazenamento de suprimentos e atendimento de pessoas;
- destruição da maior parte da infra-estrutura, como exemplificado na figura 3, dificultando assim o acesso, a chegada de recursos e a saída de pessoas.



Figura 3: Destruição da infra-estrutura na região.

Os quatro aspectos descritos anteriormente foram tomados como base para o desenvolvimento do sistema que será detalhado a seguir.

### **5.3 Implementação do Sistema para a região do Vale do Itajaí**

Partindo dos métodos já definidos, ou seja, caminhos mínimos e p-medianas, ainda é necessário descrever as informações que o sistema apresenta, suas ferramentas e funcionalidades, bem como quais plataformas são disponíveis para acesso público e quais são de uso exclusivo dos tomadores de decisão na situação emergencial.

O sistema foi desenvolvido em dois módulos distintos. Na figura 4, é possível observar um dos módulos do sistema. O primeiro módulo é de uso aberto, tem como finalidade servir de ferramenta para que a população atingida possa contribuir com as organizações envolvidas na administração do desastre. Assim, a própria população pode informar a existência de barreiras, o bloqueamento de vias, estradas inundadas, etc. Estas informações são verificadas e validadas pelas autoridades locais para estarem disponíveis, na forma de interrupção de links, no segundo módulo. O segundo módulo é de uso exclusivo das autoridades envolvidas no processo. Neste sentido, este módulo é o que apresenta as ferramentas mais significativas. São elas:

- possibilita a seleção de uma área específica dentro da região do Vale do Itajaí, para esta área selecionada, determina o ponto ideal para localização de uma central emergencial, o que corresponde a 1-mediana. É importante observar que o ponto ideal encontrado pelo sistema precisa ser confrontado com outros critérios de decisão na definição final da localização da central.
- Possibilita encontrar o melhor caminho para a distribuição dos recursos a partir das centrais. Neste sentido, o grande diferencial do sistema é que a rede geo-referenciada em que ele está baseado é dinâmica (Figura 5). Assim, as alternativas de trajeto vão se modificando refletindo o caráter dinâmico característico de uma situação emergencial.
- Fornece informações de apoio à decisão, como áreas que estão totalmente isoladas por via terrestre, necessitando de outros meios de transporte para atendê-las (helicópteros, barcos, etc.)
- Permite a realização de simulações e análise de diversas situações emergenciais.

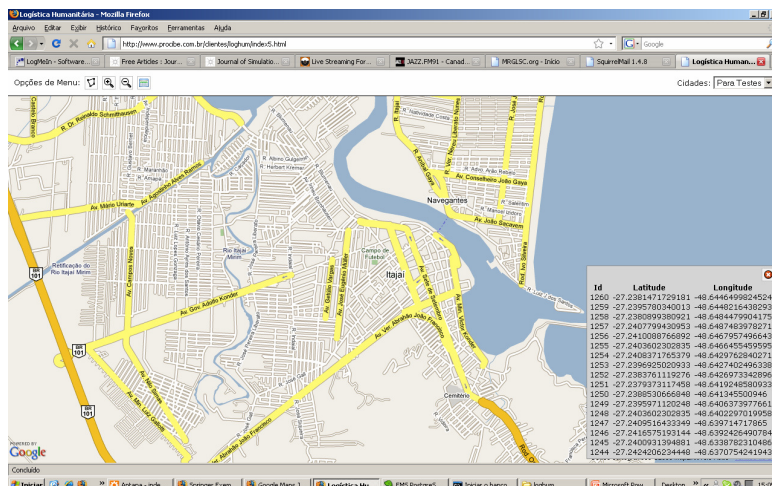


Figura 4: Apresentação dos nós

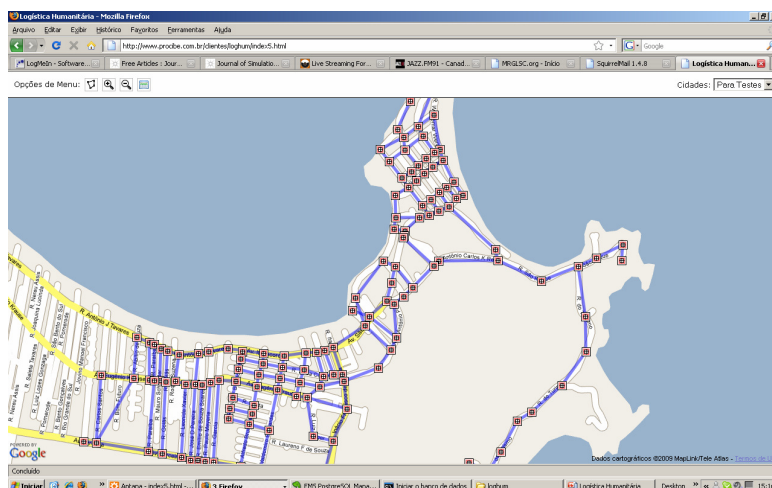


Figura 5: Representação da rede no sistema.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento internacional de que a magnitude, o número de pessoas afetadas e a recorrência de desastres produzidos por fenômenos de ordem natural ou não, têm aumentado. Neste sentido, grandes desafios são apontados à logística humanitária, merecendo destaque: aspectos ligados à infra-estrutura, localização de centrais de assistência, coordenação de processos e, principalmente, o desenvolvimento de tecnologias de informação que possam servir de base nessas atividades.

Avaliações do Relatório do IPCC e do Relatório de Clima do INPE têm mostrado que eventos extremos de precipitação podem tornar-se mais frequentes, podendo gerar enchentes e alagamentos mais severos e intensos no Brasil e, em particular, no estado de Santa Catarina.

Neste contexto, o presente artigo buscou contribuir em dois aspectos distintos. O primeiro refere-se ao desenvolvimento de um estudo de forma a trazer uma contribuição prática, no âmbito nacional, da logística humanitária. A segunda parte refere-se ao desenvolvimento do sistema propriamente dito.

Neste sentido, acredita-se que tal sistema represente uma contribuição importante para a

melhoria dos processos de coordenação e possa servir de base para órgãos como a Defesa Civil, Bombeiros e instituições envolvidas na coordenação de processos logísticos em situações emergenciais.

É importante salientar que a característica dinâmica do sistema pretende ser uma das principais contribuições do trabalho. Assim, deve permitir a realização de treinamentos e simulações antes que um desastre ocorra bem como contemplar a situação da rede logística em tempo real, permitindo a tomada de decisões mais eficiente e eficaz por parte das autoridades, durante e depois da ocorrência da situação emergencial.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beamon, B. M. (2004) *Humanitarian Relief Chains: Issues and Challenges*, R 34th International Conference on Computers and Industrial Engineering San Francisco, CA, USA.
- Beamon, B.M.; Kotleba, S.K. (2006), *Inventory management support systems for emergency humanitarian relief operations in South Sudan*, The International Journal of Logistics Management, Vol. 17.
- Christofides, N.; Viola, P.(1971) The optimum location of multicentres on a graph. *Operations Research Quarterly*, v. 22, n. 2.
- Drezner, Z. (1995). *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer-Verlag, New York.
- FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DA CRUZ VERMELHA (2007). Disponível: [www.cvb.org.br](http://www.cvb.org.br) Acesso em: 20 dez. 2008.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*. Disponível em: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) Acesso em : 20/12/2008.
- INPE (2007). Disponível em: [www.inpe.br](http://www.inpe.br). Acesso em: 21 mai 2007.
- Larson, R. C; Odoni, A. R. (1981) *Urban Operations Research*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Meirim, H. (2007). *Logística humanitária e logística Empresarial*, mmrbrasil. Disponível em: [www.mmrbrasil.com.br](http://www.mmrbrasil.com.br). Acesso em: 27 mai 2007.
- Moore, M.H. (2000), *Managing for value: organizational strategy in for-profit, nonprofit, and governmental organizations*, *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, Vol. 29.
- Neto, S.(2000). Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações. São Paulo, 2000. Tese de doutorado-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Nogueira,C.W.; Gonçalves,M.B. e Novaes A.G. (2007) *Logística humanitária e Logística empresarial: Relações, conceitos e desafios*.Artigo. Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Novembro. Rio de Janeiro.
- Nogueira,C.W.; Gonçalves,M.B. e Novaes A.G. (2008) *A logística humanitária e medidas de desempenho: A perspectiva da cadeia de assistência humanitária*. Artigo. Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Novembro. Fortaleza.
- POLÍTICA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. Secretaria de Defesa Civil. (2000).
- Sawhill, J.C.;Williamson, D. (2001), *Mission impossible? Measuring success in nonprofit organizations*, *Nonprofit Management and Leadership*, Vol. 11 No. 3.
- Thomas, A. (2003). *Humanitarian Logistics: Enabling Disaster Response*. The Fritz Institute. Disponível em: [www.fritzinstitute.or](http://www.fritzinstitute.or). Acesso em: 30 mai 2007.
- Thomas, A. (2004). *Elevating Humanitarian Logistics*. International Aid & Trade Review.
- Thomas, A. (2007), *Humanitarian Logistics: Enabling Disaster Response*. The Fritz Institute. Disponível em: [www.fritzinstitute.or](http://www.fritzinstitute.or). Acesso em: 30 mai 2007.
- Wassenhove, L.V.;Tomasini,R.;Stapleton,O.(2008)*Corporate responses to humanitarian disasters – the mutual benefits of private –humanitarian cooperation*. Insead Business Press.
- Wassenhove, L.V.;Tomasini,R.(2009) *Humanitarian logistics* - Insead Business Press.
- 
- Christiane Wenck Nogueira Fernandes ([christiane.fernandes@sociesc.org.br](mailto:christiane.fernandes@sociesc.org.br))  
Mirian Buss Gonçalves ([mirianbuss@deps.ufsc.br](mailto:mirianbuss@deps.ufsc.br))  
Antonio Galvão Novaes ([novaes@deps.ufsc.br](mailto:novaes@deps.ufsc.br))  
Daniel de Oliveira ([daniel@procibe.com.br](mailto:daniel@procibe.com.br))  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.  
Campus da UFSC, Florianópolis SC.  
Este trabalho faz parte do Projeto Pronex, Núcleo de Pesquisa em Logística Integrada, ora em desenvolvimento na UFSC com recursos financeiros provenientes do CNPq e da FAPESC