

oDMN: um modelo integrado para conectar as necessidades de tomada de decisão a Fontes de dados emergentes no gerenciamento de desastres

Flávio EA Horita ICMC,
Universidade de São Paulo
horita@icmc.usp.br

Daniel Link
ERCIS, Universidade de Münster
daniel.link@ercis.uni-muenster.de

João Porto de Albuquerque
ICMC, Cátedra de Ciências Geográficas
da Universidade de São Paulo,
Universidade de Heidelberg
jporto@icmc.usp.br

Bernd Hellingrath
ERCIS, Universidade de Münster
bernd.hellingrath@ercis.uni-muenster.de

Abstrato

Os gerentes de desastres dependem de informações oportunas e precisas para a tomada de decisões relacionadas a tarefas em ambientes altamente complexos e dinâmicos. Novas fontes de dados, como as mídias sociais online, fornecem um volume crescente de dados que prometem melhorias na percepção da situação. Mas continua sendo difícil concentrar a coleta de dados nas necessidades de informação e integrar as informações relevantes de volta à tomada de decisões. Neste artigo, apresentamos o Modelo de Decisão e Notação de Observação (oDMN), que conecta tarefas, decisões, informações e fontes de dados com base em modelos e notações padronizados, bem como em modelos de informação específicos de domínio. O oDMN permite derivar os requisitos de informação e determinar o impacto das observações recebidas em tarefas e decisões relevantes. Para demonstrar sua utilidade, aplicamos o oDMN a um caso centrado em operações logísticas durante a resposta ao terremoto no Nepal em 2015. Os resultados mostram que a oDMN é de fato capaz de conectar formalmente tarefas, decisões, informações e fontes de dados e, assim, apoiar uma melhor tomada de decisão.

sacrificado pelo pessoal humanitário em favor de atividades que salvam vidas [32].

Novas fontes de dados estão surgindo para reunir informações mais completas, precisas e oportunas sobre a situação [10]. Eles incluem mídias sociais online, [1, 35], plataformas colaborativas [33, 22, 39] ou sensores in-situ e móveis [34, 9]. No entanto, o volume crescente de dados disponíveis, a falta de análise direcionada e integração em fluxos de trabalho práticos resulta em informações valiosas que não são utilizadas – ou pior –

contribui para a sobrecarga de informações, impactando negativamente na tomada de decisões.

Nesse contexto, não é surpresa que a prática exija uma coleta de dados mais direcionada [25, 15, 4]. Ao mesmo tempo, os pesquisadores entendem a importância de integrar as informações identificadas nos processos de tomada de decisão, para que insights mais valiosos possam ser considerados no socorro a desastres – mas infelizmente ainda não obtiveram sucesso [36, 5, 38]. Permanece a necessidade da conexão bidirecional entre tomada de decisão e coleta de dados, especialmente considerando o uso de novas fontes de dados, como as mídias sociais online.

Para resolver esse problema, oferecemos o Modelo de Decisão e Notação com Consciência de Observação (oDMN), que conecta tarefas, decisões, informações e fontes de dados. Isso permite derivar formalmente as necessidades de informações de decisões e tarefas e determinar fontes de dados adequadas para melhor direcionar a coleta de dados. Também permite determinar o impacto de novas informações nas decisões e tarefas. Para facilitar a adoção e aplicação na prática, o oDMN é baseado e relacionado a padrões populares para a modelagem de processos, decisões e observações, bem como em modelos de informação específicos de domínio que agregam conhecimento sobre tarefas concretas, decisões e necessidades de informação.

1. Introdução

O número de pessoas vulneráveis e afetadas por desastres aumentou substancialmente desde a década de 1970 e provavelmente continuará aumentando [8]. Imediatamente após um desastre, os tomadores de decisão devem garantir que a ação seja rápida e direcionada, embora as informações necessárias sobre a situação em questão estejam menos disponíveis e haja uma grande pressão de tempo [3]. Vários modelos de decisão apoiam os tomadores de decisão nessas situações, mas eles contam com dados fundamentais sobre a situação, cuja coleta é muitas vezes

Para demonstrar a aplicabilidade e utilidade do oDMN, nós o instanciamos em um caso baseado em operações de logística humanitária durante a resposta ao terremoto no Nepal em 2015. Dos vários subdomínios envolvidos na resposta humanitária, focamos na logística. A razão é que a logística leva um papel central para a entrega de itens de socorro que incorre para organizações humanitárias [3].

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma. Apresentamos primeiro o estado da arte relevante. A seguir, descrevemos como os padrões fundamentais são incorporados e – quando necessário – estendidos. A seção subsequente descreve o caso de aplicação. Eventualmente, resumimos este trabalho, tiramos conclusões e sugerimos direções para pesquisas futuras.

2. Estado da Arte

2.1. Integração da Coleta de Dados e Tomada de Decisão na Gestão de Desastres

As atividades de coleta de dados dependem fundamentalmente de uma compreensão adequada das necessidades de informação dos tomadores de decisão e formas de trabalho, para que os produtos de informação possam contribuir efetivamente para a tomada de decisão e excelência operacional. Por exemplo, o conhecimento dos principais pontos de entrada em uma área afetada, como portos e estradas, é essencial para o planejamento de modos e rotas de transporte, o que é vital para obter itens de socorro entregues de países estrangeiros. Informações relacionadas podem ser coletadas pela equipe local usando formulários de avaliação rápida disponíveis publicamente. A falta de compreensão suficientemente aprofundada pode não apenas levar a informações valiosas que passam despercebidas, mas também aumenta a sobrecarga de informações e afeta negativamente a tomada de decisões [5].

Vários pesquisadores elucidaram as necessidades de informação na gestão de desastres. Vieweg et al. [38] analisam o uso de dados de mídias sociais na tomada de decisão, com base em entrevistas com funcionários de uma agência não operacional. Grala et al. [7] apresentar um conjunto amplo e categorizado de requisitos de informações e tipos de decisões que estão mais diretamente ligados às operações de campo. A lacuna para insights aplicáveis ainda é grande, o que se deve em parte à complexidade do cenário dos tomadores de decisão [7] e seus requisitos individuais de informação (dependendo de suas tarefas específicas e decisões relacionadas).

Alguns trabalhos recentes usam um foco maior de domínio para identificar mais especificamente os papéis de tomada de decisão, o que leva a requisitos de informação que podem ser

satisfeito usando certas fontes de dados e métodos de análise [19, 11, 38, 14]. Dentro deste grupo, Horita et al. [11] apresentam uma estrutura conceitual que liga os processos da cadeia de suprimentos de organizações humanitárias com informações geográficas voluntárias (VGI), mas não descrevem explicitamente a relação entre tarefas, decisões e informações. Link et al. [19] descrevem um método baseado em palavras-chave para extração de informações, que usa tarefas de referência e categorias de informações para identificar informações relevantes em dados de mídia social, mas também não conecta informações explicitamente a decisões. Até onde sabemos, nenhuma publicação conecta sistematicamente tarefas e decisões com necessidades de informação e fontes de dados.

2.2. Modelos e notações fundamentais

Para entregar serviços ou produtos, as organizações empregam processos de negócios. Um processo de negócio pode ser entendido como *“uma cadeia de atividades funcionalmente conectadas usando tecnologias de informação e comunicação, que levam a um resultado fechado fornecendo um benefício mensurável para um cliente”*, e uma tarefa representa uma única unidade de trabalho [3]. Um padrão amplamente adotado para modelagem de processos de negócios é o Business Process Model and Notation (BPMN) desenvolvido pelo Object Management Group (OMG). [23]. Para fornecer mais detalhes sobre os processos que devem ser modelados, a noção de modelos de processo pode ser combinada com a noção de modelos de informações de referência, que visam descrever os elementos universais de um sistema para fornecer um ponto de referência para desenvolvedores de sistemas ou organizações de aplicativos. [3]. Um exemplo para tal modelo combinado é o modelo de tarefa de referência de Blecken para os processos da cadeia de suprimentos de organizações humanitárias [3].

Os processos de negócios estão intimamente ligados à tomada de decisões. Como os recursos do BPMN para modelar decisões são limitados, a OMG lançou recentemente uma primeira versão pública do Decision Model and Notation (DMN), que *“cria uma ponte padronizada para a lacuna entre o projeto de decisão de negócios e a implementação de decisão. A notação DMN foi projetada para ser usada juntamente com a notação padrão de processos de negócios BPMN”* [24, 17].

Visões gerais de modelos de decisão em gestão de desastres estão prontamente disponíveis, por exemplo, para gestão de operações de desastres em geral [6] ou logística humanitária em particular [31].

Embora existam muitas maneiras de modelar processos e decisões de negócios, encontramos BPMN e DMN a melhor escolha para a modelagem integrada de

processos e decisões de negócios. Uma razão importante é a forte integração de BPMN e DMN.

O DMN inclui elementos relacionados à modelagem de informações como entrada para decisões, que podem atuar como interfaces para modelos detalhados de informações.

Vários desses modelos de informação (ou: esquemas de aplicação, ontologias) foram construídas para o domínio de gerenciamento de desastres [21]. Um exemplo é o Modelo de Infraestrutura e Recursos de Logística Humanitária [11].

Para fornecer uma visão abstrata das observações que se originam de várias fontes de dados e podem ser contextualizadas para satisfazer as necessidades de informação, o Open Geospatial Consortium (OGC) e a International Organization for Standardization (ISO) oferecem o padrão Observations and Measurements (O&M). O&M “define um esquema conceitual para observações e para recursos envolvidos na amostragem ao fazer observações”. [30].

3. O modelo e notação sensível à observação (oDMN)

Nesta seção apresentamos o *Modelo de Decisão e Notação Consciente de Observação* (oDMN), que consiste em um modelo que conecta sistematicamente BPMN, DMN e O&M e de uma notação gráfica.

3.1. Descrição do Modelo

O modelo oDMN estende o metamodelo DMN [24], conforme mostrado na Figura 1, de modo que integre as propriedades das observações em O&M [30]. Ele também utiliza a interface de O&M para domínios específicos

modelos de informação. O BPMN é conectado através do elemento Task.

Seguindo uma abordagem top-down das operações à coleta de dados, o ponto de partida do modelo é o elemento Task, que representa uma única unidade de trabalho em um processo de negócios (por exemplo, *Select Transport Route*) [24]. Uma Tarefa pode ser associada a zero ou mais decisões, por exemplo, encontrar a rota mais curta na rede rodoviária. Cada decisão é descrita por dois elementos: (a) Expressão, que define os itens de informação como variáveis de entrada (por exemplo, condição da estrada) e regras de decisão (por exemplo, especificando o impacto das condições da estrada); e (b) informações necessárias, que são fornecidas pelos Dados de Entrada (por exemplo, *Relatórios da Equipe de Terra* sobre a condição das estradas). Exceto o elemento Task, todos os elementos mencionados fazem parte do metamodelo DMN.

Para conectar os requisitos de informação das decisões (na forma de dados de entrada) às fontes de dados, o modelo é anexado à especificação de O&M por meio de uma observação fornecida, que vincula a Observações provenientes de fontes de dados; veja o canto inferior direito da Figura 1. O&M define uma observação como “o ato de medir ou determinar o valor de uma propriedade” [25], em que a propriedade de um recurso (como uma abstração de um fenômeno do mundo real [30]) simultaneamente caracteriza uma observação. Em outras palavras, é preciso ter clareza sobre qual propriedade observar e qual estado do recurso estimar a partir da propriedade observada, para poder definir uma observação específica em qualquer local e tempo. Uma propriedade está, portanto, intimamente relacionada a um domínio de aplicação, que dá sentido a uma observação. Por exemplo, o

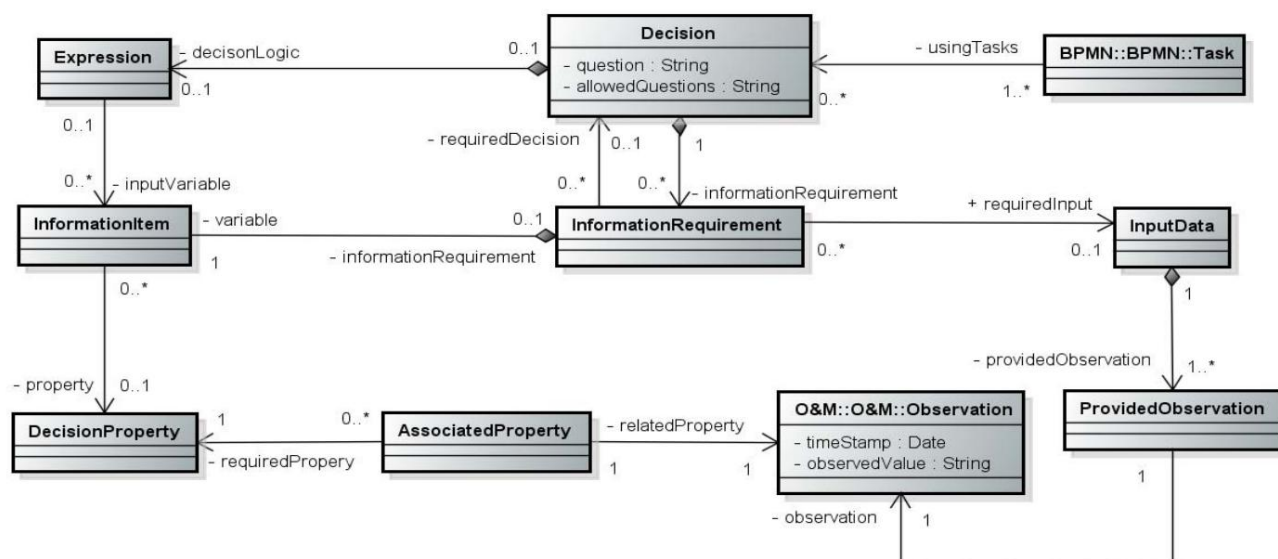


Figura 1. O Modelo de Decisão Consciente da Observação

condição (propriedade) de um edifício (característica) tem significado diferente para um logístico, que está procurando um local de depósito, do que para uma equipe médica que busca estabelecer um hospital de campanha ou para um especialista em abrigos na fase de recuperação de um desastre. Conseqüentemente, para associar uma observação a uma decisão, não é necessário apenas especificar uma observação como Dados de Entrada, mas é preciso ficar claro como a propriedade observada se relaciona com a lógica de uma decisão. Isso se reflete no modelo adicionando um elemento de Propriedade de Decisão que se relaciona aos Itens de Informação nas Expressões de DMN (ou seja, lógica de decisão) e a uma Propriedade Associada em uma Observação. Por exemplo, uma equipe de solo (fonte de dados) pode enviar um relatório (Observação) sobre a rede viária (Item de Informação/Recurso de Interesse), que contém informações sobre a condição de uma estrada (Propriedade de Observação/Propriedade de Decisão). Por sua vez, esta condição está associada a um vetor de rotas viáveis (Requisito de Informação) na lógica de decisão (Expressão) para encontrar uma rota de veículo ótima (Decisão). Simultaneamente, o relatório (Observação) representa uma Observação Fornecida que se vincula aos Dados de Entrada satisfazendo um Requisito de Informação da Decisão, que se vincula ao Item de Informação correspondente em sua Expressão.

Como as Propriedades de Decisão estão tão intimamente ligadas ao conhecimento do domínio, deve haver uma maneira de relacioná-las aos modelos de informação específicos do domínio. Felizmente, O&M já fornece uma interface para incorporar conhecimento de domínio por meio de modelos de informação dependentes de domínio (na terminologia de O&M: Domain Application Schemas; ex. [11, 21]). Esses modelos de informações fornecem catálogos de Recursos de Domínio, que são tipos específicos de O&M's elemento de recurso genérico. Por sua vez, Características podem ser associadas a Propriedades observáveis, das quais Propriedades de Decisão são um certo tipo. Dessa forma, as Propriedades de Decisão podem fazer uso da consideração de O&M de modelos de informações específicos de domínio. A Figura 2 ilustra os elementos mencionados e suas relações.

Com base nessas definições, é possível modelar processos de negócios (usando BPMN e tarefas de referência) e decisões relacionadas (com DMN). Associar propriedades a itens de informação em modelos de decisão requer reflexão sobre as características de interesse na lógica de um modelo de decisão (Expressão) e sobre as propriedades observáveis dessas características. Tendo modelado as propriedades associadas aos itens de informação e os dados de entrada correspondentes, torna-se possível traduzir as necessidades de informação em tipos específicos de observações e identificar o impacto das observações recebidas ao ajustar as fontes de dados à tomada de decisão.

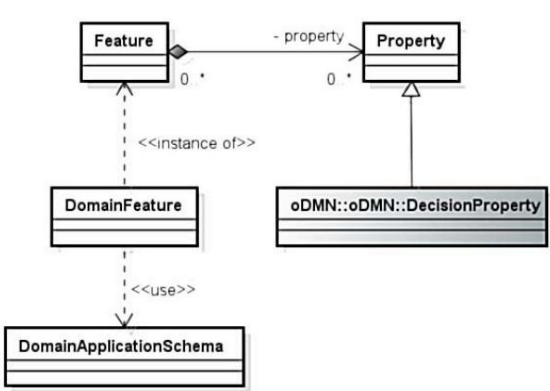






Figura 2. Relação entre Propriedades de Decisão em oDMN e Conhecimento de Domínio em O&M

3.2. Descrição da notação

Em um esforço para apoiar a criação de modelos de decisão conscientes da observação, estendemos a notação DMN com novos componentes e suas respectivas notações, conforme resumido na Tabela 1.

Tabela 1. Novos componentes na notação oDMN

Component		Description
Elements	 (a) Observation	Denotes an observation (or data) that is provided by an input data element
	 (b) Property	Denotes a characteristic that belongs to an observation element
Connectors	 (c) Provided Observation	Indicates the observation provided by an input data element
	 (d) Associated Property	Denotes a property associated with an observation element

A Figura 3 mostra um exemplo de como usar esses novos componentes. No lado esquerdo, um processo de negócio e suas tarefas são modelados usando a notação BPMN. Nela, uma tarefa específica (Tarefa 1) envolve uma decisão (Decisão 1), que é modelada no lado direito usando a notação DMN recentemente estendida. A decisão requer informações de uma fonte externa (dados de entrada 1) e de outra decisão (decisão 2). Além disso, emprega uma tabela de decisão (Business Knowledge 1) para processar as informações necessárias. A tabela de decisão associa itens de informação a propriedades, que se relacionam às propriedades que definem as observações que fornecem dados de entrada.

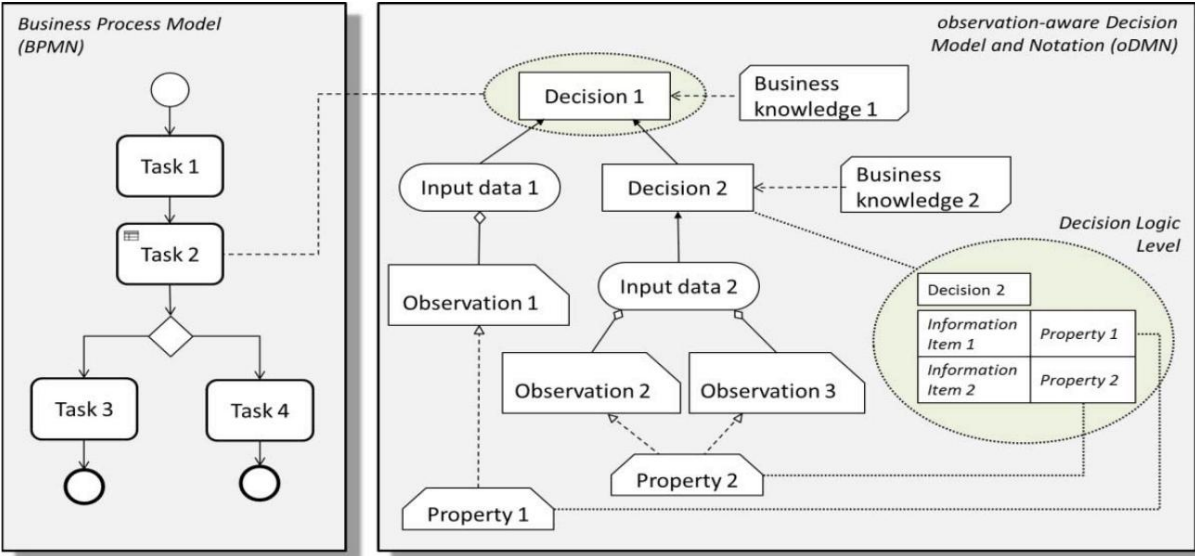


Figura 3. Exemplo de uso

4. Aplicação do Modelo e Notação

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo e sua utilidade, aplicamos a um estudo de caso centrado na operações logísticas durante a resposta ao terremoto de 2015 no Nepal.

4.1. Metodologia para a Construção do Caso

O caso resulta de uma análise em três etapas do Resposta ao terremoto no Nepal em 2015:

- 1. **Análise de relatórios de situação:** Para obter uma compreensão geral da situação, OCHA Multiparty Road.
- 2. **Entrevistas com profissionais:** Para aprofundar nossa compreensão das restrições específicas do domínio, realizamos sete entrevistas semiestruturadas com funcionários de diferentes organizações (por exemplo, UNICEF), que estiveram envolvidos em operações de logística durante a resposta ao terremoto no Nepal em 2015.
- 3. **Modelagem do estudo de caso:** Com base nos dados coletados e no conhecimento extraído de modelos de informação específicos de cada domínio (modelo de categorias de informação), modelamos processos de negócios, decisões, requisitos de informação e fontes de dados usando oDMN.

4.2. Descrição do terremoto de 2015 no Nepal

Em 25 de abril de 2015, um terremoto de magnitude 7,8 atingiu o Nepal, provocando várias avalanches e tremores secundários em diferentes partes do país. A situação piorou quando outro terremoto de magnitude 7,3 atingiu o país apenas algumas semanas depois, em 12 de maio de 2015. OCHA estima 8.700 mortes, milhares de pessoas feridas e quase 800.000 edifícios afetados [29]. Comunidades vizinhas em Índia, China e Bangladesh também foram afetados, embora com menor intensidade. Quando o governo solicitou ajuda e assistência internacional, organizações humanitárias de diferentes países começaram a entregar vários bens (por exemplo, medicamentos, equipamentos, veículos), apoio financeiro e pessoal ao Nepal; fornecendo serviços de socorro como busca e salvamento e assistência médica [27].

Conforme mencionado na introdução, focamos na logística, pois ela pode ser considerada a espinha dorsal das operações de socorro. Durante a resposta do Nepal, os logísticos enfrentaram vários desafios. Entre eles estavam questões de transporte¹, como muitas aeronaves visando o aeroporto de Katmandu, enquanto outros aeródromos em

¹ Outra questão importante foi a aquisição. Como em muitos contextos de desastres, era difícil avaliar a localização, disponibilidade e capacidade dos fornecedores locais de bens de socorro no Nepal, de modo que a resposta inicial dependia fortemente da importação de itens da Índia, China e outros países. Uma questão relacionada à informação limitada sobre a capacidade do mercado local é a importação de bens que poderiam ter sido adquiridos localmente, o que aumenta o tempo de entrega, aumenta os custos de transporte e pode prejudicar ainda mais os mercados locais estressados. Considere o que acontece com as empresas locais que ainda estão intactas quando as organizações humanitárias começam a inundar o mercado com produtos baratos ou gratuitos. Uma abordagem atual para combater esse problema são as cadeias de suprimentos híbridas, que dependem fortemente de informações sobre a capacidade do mercado local [16].

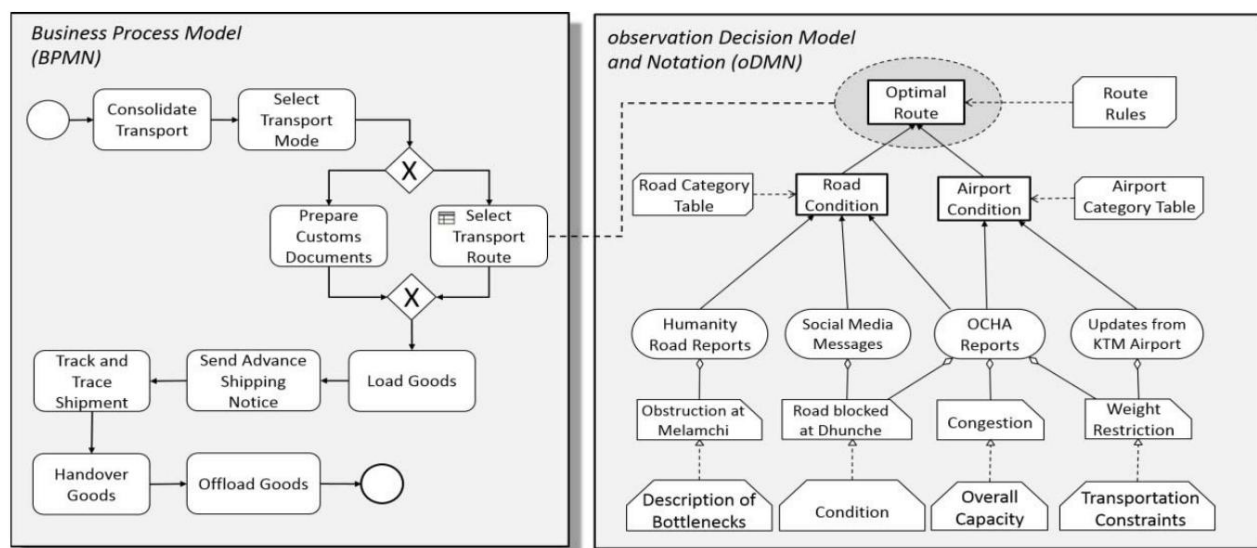


Figura 4. Aplicação do modelo para o terremoto de 2015 no Nepal

o país ficou sem uso. O aeroporto tornou-se um gargalo, também porque sua condição (anteriormente sub-ótima) piorou após o terremoto, a ponto de restringir o peso das aeronaves que chegavam. Um trabalhador humanitário mencionou que sua organização teve a sorte de saber sobre essa restrição de uma equipe de solo pouco antes de um avião maior estar prestes a ser enviado para o Nepal. Consequentemente, eles poderiam mudar para um modelo menor. Como outra forma de contornar problemas de acesso ao aeroporto, os logísticos usaram pontos de entrada alternativos, como o transporte rodoviário de Delhi a Katmandu, onde os primeiros transportes encontraram restrições.

Em relação às fontes de dados, as equipes de terra forneceram informações importantes para garantir que as entregas atendessem às necessidades locais, bem como às restrições de infraestrutura e recursos. Isso está de acordo com descobertas anteriores de que a equipe de campo é a principal fonte de informação para os logísticos [37]. Os profissionais emitiram várias solicitações de informações específicas sobre infraestrutura e recursos locais para comunidades digitais de voluntários, o que mais uma vez sugere o potencial percebido das mídias sociais online (por exemplo, Twitter e Facebook) e mapeamento de crise (por exemplo, pela Humanitarian OpenStreetMap Team) para fornecer informações relevantes.

4.3. Modelos de informações específicos de domínio

Blecken oferece um modelo de tarefa de referência para os processos da cadeia de suprimentos de organizações humanitárias [3] que apresenta seis áreas funcionais: avaliação, aquisição, armazenamento, transporte, suporte à operação e relatórios. Por exemplo, a categoria operacional/transporte contém 15 tarefas, como *Selecionar*

Rota de Transporte. Existem vários modelos de decisão que suportam o planejamento de rotas de transporte [31]. Por exemplo, um conjunto de todas as rotas possíveis entre todos os pares de nós de oferta e demanda pode ser representado como um vetor de entrada e então usado para atribuir veículos de forma otimizada [2]. Descrições de infraestrutura e recursos relevantes para a logística humanitária estão disponíveis como categorias de informação, incluindo características de aeroportos e redes rodoviárias e respectivos atributos [19]. Por exemplo, a categoria

O aeroporto contém subcategorias como *Condição Atual das Instalações*, *Características da Pista* e *Custo de Uso do Aeroporto*.

4.4. Aplicação Modelo

Neste caso, um logístico inicia um processo de transporte (modelado em BPMN) com a tarefa *Consolidar Transporte*, conforme apresentado no lado esquerdo da Figura 4. Conhecendo os tipos e volume de mercadorias a serem transportadas, o logístico procede para *Selecionar Modo de Transporte*, por exemplo, avião ou transporte rodoviário.

Uma vez que o modo de transporte esteja claro, a próxima tarefa é *Select Transport Route*, que envolve uma decisão (modelada em oDMN; veja o lado direito da Figura 4).

Paralelamente à seleção de uma rota de transporte, é possível *Preparar Documentos Aduaneiros* necessários para exportar mercadorias para o país afetado. Quando o transporte

² A tarefa *Selecionar Rota de Transporte* tem a seguinte descrição: "Ao selecionar uma rota de transporte, vários fatores como segurança do pessoal, bens e mercadorias precisam ser levados em consideração. As rotas de transporte devem ser facilmente adaptáveis em caso de eventos inesperados. No caso de um evento imprevisto, as rotas de transporte podem precisar ser replanejadas" [3].

a rota estiver desobstruída e os documentos alfandegários estiverem prontos, o logístico poderá emitir para *Load Goods*, bem como *Enviar Aviso Antecipado de Embarque* para informar o destinatário e, posteriormente, *Track and Trace embarque*. Na chegada, *Descarregar Mercadorias* e *Entregar Mercadorias* concluir o processo de transporte. A tarefa *Select Transport Route* envolve a decisão *Optimal Rota*, que emprega conhecimento do negócio (*Regras de Rota*) e requer dados de outras decisões (*Situação Rodoviária* e *Situação Aeroportuária*). Essas decisões, por sua vez, exigem maior conhecimento do negócio (*Tabela de Categorias Rodoviárias* e *Tabela de Categorias Aeroportuárias*), que descrever os requisitos de informação (características) e suas respectivas propriedades de decisão. *Humanity Road Reports*, *Social Media Messages*, *OCHA Reports* e *Updates from KTM Airport* (Tribhuvan International Airport em Kathmandu) foram selecionados como dados de entrada adequados para satisfazer os requisitos de informação das decisões.

Observações sobre a área afetada podem ser consideradas relevantes quando suas propriedades coincidem com as propriedades definidas no conhecimento do negócio das decisões; por exemplo, observações que chegam através de *Mensagens de Mídia Social* e *Relatórios de Estradas da Humanidade* podem aumentar a conscientização sobre a *Situação da Estrada*, apontando uma *Obstrução em Melamchi* e uma *Obstrução em Dhunche* [12, 13]. Da mesma forma, as atualizações do aeroporto KTM notificam que todas as aeronaves que chegam precisam obedecer a *Restrição de peso* [28], enquanto o OCHA relata *congestionamento* no aeroporto [26]. Levando em conta essas limitações, a Tabela 2 apresenta os dados da decisão “*Condição Aeroportuária*”, que adota conhecimento específico do negócio (*Tabela Categoria Aeroporto*) com dois requisitos de informação: *Slots de Aeronaves* e *Limitações de Peso*. Esses requisitos de informação de decisão são então associados às propriedades de decisão: *Capacidade Geral* e *Restrições de Transporte*. A correspondência das propriedades de observação e decisão revela que a observação (*Congestionamento do Aeroporto* e *Restrição de Peso*) fornecida pelos dados de entrada (*Relatórios e Atualizações do OCHA do Aeroporto KTM*) pode atender aos requisitos de informação da decisão (*Slots de Aeronaves* e *Limitações de Peso*).

Tabela 2. Dados da Decisão “Condição do Aeroporto”

Decision: Airport Condition	
Airport category table	
Aircraft Slots	Overall Capacity
Weight Limitations	Transportation Constraints

A Tabela 3 apresenta a lógica de decisão da *Tabela de Categorias de Aeroportos*. A situação do aeroporto é definida pelo cruzamento de requisitos de informação. Por exemplo, quando há disponibilidade de slots e a aeronave tem permissão para pousar no aeroporto.

Tabela 3. Lógica de Decisão do Conhecimento do Negócio “Tabela de Categorias de Aeroportos”

Airport Category Table			
O	Aircraft Slots	Weight Limitations	Situation
1	Available	< 100 MT	Available
2		[101..200]	Available
3		< 201 MT	Limited
4	Limited	< 100 MT	Available
5		[101..200]	Limited
6		< 201 MT	Congested
7	None	< 100 MT	Congested
8		[101..200]	Congested
9		< 201 MT	Congested

5. Discussão

O oDMN visa esclarecer e conectar sistematicamente tarefas, decisões, informações e fontes de dados. Isso foi alcançado utilizando modelos e notações padronizados (BPMN, DMN, O&M), bem como modelos de informações específicas de domínio (tarefas de referência, categorias de informações) e estendendo-os quando necessário. Os conceitos abstratos e genéricos utilizados permitem a customização modularizada por meio da classe de recurso de domínio como interface central. Ainda assim, a generalização da abordagem se beneficiará da aplicação a outros domínios, como monitoramento e alerta precoce na preparação para desastres.

Por um lado, o modelo integrado permite derivar formalmente as necessidades de informação das decisões e tarefas. Isso elucida os requisitos de informação resultantes das tarefas e decisões dos profissionais, que, por sua vez, pode focar melhor a coleta de dados para identificar informações relevantes. Por outro lado, o modelo integrado permite determinar o impacto de novas informações nas decisões e tarefas. Isso pode ser considerado como uma extensão de estudos anteriores [38, 14, 7]. Na medida em que permite a integração das informações identificadas na tomada de decisão. Basear o oDMN em padrões populares favorece a adoção e aplicação na prática. O uso de

BPMN e DMN, no entanto, possuem limitações inerentes. Por exemplo, o BPMN oferece recursos limitados para modelagem de fluxos de informações, e a versão atual do DMN ainda se concentra nas decisões de rotina.

Para o desenvolvimento do oDMN, contamos com modelos de decisão publicados, o que pode ser baseado em suposições irreais [6]. Embora isso seja importante notar, isso não afeta nossa abordagem, uma vez que os modelos considerados podem ser facilmente substituídos por versões mais completas ou práticas no futuro.

Atualmente, as fontes de dados são consideradas no modelo integrado por meio de uma combinação de dados de entrada e observações, mas não há modelagem explícita de suas características. Permanece a necessidade de combinar as propriedades com as características da fonte de dados, o que é altamente dependente do domínio devido às especificidades das propriedades relevantes.

Informações nos dados de entrada (por exemplo, *relatórios do OCHA*) pode ser automaticamente combinado com os requisitos de informação das decisões se as observações contidas forem marcadas com propriedades pré-definidas.

Atualmente, esse dificilmente é o caso em relatórios escritos, embora conjuntos de dados públicos (veja, [por exemplo, www.crisis.net](http://www.crisis.net)), incluindo dados de mídia social, sejam cada vez mais marcados e, portanto, enriquecidos semanticamente com categorias de informações. Alcançar um fornecimento contínuo de informações desde a coleta de dados até os sistemas de apoio à decisão se beneficiaria da aplicação de categorias de informações durante a própria coleta de dados, como é feito no sistema de coleta de dados GDACSmobile, por exemplo [18]. O oDMN pode impulsionar a interoperabilidade

servindo como uma estrutura holística para coleta de dados e sistemas de suporte a decisões. Ir além da integração conceitual em direção à integração de dados requer que os sistemas se comuniquem com a semântica e a sintaxe adequadas.

Os padrões de troca de dados existentes, como o Emergency Data Exchange Language (EXDL) ou o Humanitarian eXchange Language (HXL), podem oferecer suporte à interoperabilidade fornecendo a clareza necessária. Se forem usados modelos específicos de domínio, como no nosso caso, essas linguagens podem precisar ser estendidas.

Embora seja útil incorporar observações individuais na tomada de decisões, ainda é um desafio integrá-las aos dados de linha de base. Por exemplo, a observação de que uma determinada estrada está bloqueada em um determinado local deve resultar em uma atualização de mapas. Fazer isso automaticamente para um grande volume de observações recebidas ainda é difícil.

6. conclusões

Este artigo apresenta a *observação consciente Modelo de Decisão e Notação* (oDMN), que visa

para vincular sistematicamente tarefas, decisões, informações e fontes de dados. O oDMN é baseado em padrões populares para a modelagem de processos, decisões e observações, bem como em modelos de informação específicos de domínio que descrevem melhor as tarefas, decisões e necessidades de informação. A aplicação do oDMN a um caso centrado em operações de logística durante o terremoto de 2015 no Nepal mostra que ele atinge seus objetivos. O oDMN pode melhorar a tomada de decisões das organizações de gerenciamento de desastres, melhorando a compreensão dos requisitos de informações e fontes de dados e, assim, apoiar a coleta de dados direcionada.

Além disso, os tomadores de decisão são auxiliados na integração de informações fornecidas por diferentes fontes de dados; por exemplo, sua configuração pode considerar mapeamento colaborativo para fornecer informações sobre a rede rodoviária, enquanto mensagens de mídia social fornecer atualizações sobre o estado da rede rodoviária. Além disso, o oDMN permite que seus usuários determinem o impacto de novas informações nas decisões e tarefas, o que pode melhorar a tomada de decisões sem aumentar a sobrecarga de informações. Além disso, pode levar a graus mais altos de automação, reduzindo efetivamente a sobrecarga de informações.

Trabalhos futuros devem ser feitos para aplicar o oDMN a outros domínios, como monitoramento ambiental e alerta precoce, a fim de apoiar sua generalização. Além disso, o oDMN deve ser adotado no projeto de coleta de dados e sistemas de suporte à decisão, por exemplo, levando à consideração de propriedades relacionadas à decisão em observações, graus mais altos de automação durante o processamento de observações, interoperabilidade aprimorada entre coleta de dados e sistemas de suporte à decisão, e integração mais perfeita das observações recebidas na tomada de decisões. Por último, mas não menos importante, os sistemas resultantes devem ser avaliados; idealmente em exercícios (por exemplo, jogos sérios [20]) e com praticantes, como especialistas em avaliação e tomadores de decisão da sede e do campo.

Reconhecimentos

A FEAH e a JPA agradecem o apoio financeiro fornecido pela CAPES (Concessão Edital Pró-alertas nº 24/2014). A FEAH agradece o apoio financeiro do CNPq (Bolsa nº.

202453/2014-6). A JPA agradece o apoio financeiro da FAPESP (Bolsa nº 2012/18675-1), CAPES (Bolsa nº 12065-13-7) e da Universidade de Heidelberg (fundo da Iniciativa de Excelência: 2300054, atribuição: 7812617).

7. Referências

- [1] JP Albuquerque, B. Herfort, A. Brenning e A. Zipf, "Uma abordagem geográfica para combinar mídias sociais e dados oficiais para identificar informações úteis para gerenciamento de desastres", *International Journal of Geographical Information Science*, 2015, pp. 1-23. DOI: 10.1080/13658816.2014.996567.
- [2] B. Balcik, BM Beamon e Smilowitz. K., "Distribuição de última milha em ajuda humanitária", *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, 12(2), 2008, pp. 51-63. DOI: 10.1080/15472450802023329.
- [3] A. Blecken, *Logística Humanitária: Modelagem de Processos de Cadeia de Suprimentos de Organizações Humanitárias*, Haupt, [Online] <https://goo.gl/pSOZYH>, 2019.
- [4] D. Coyle e P. Meier, *Novas Tecnologias em Emergências e Conflitos: O Papel da Informação e das Redes Sociais*, Fundação das Nações Unidas, 2009. [Online] <http://goo.gl/wBoFJ>.
- [5] J. Crowley e J. Chan, *Disaster Relief 2.0: The Future of Information Sharing in Humanitarian Emergency*, UN Foundation & Vodafone Foundation Technology Partnership, 2011. [Online] <http://goo.gl/PyIRL>.
- [6] G. Galindo e R. Batta, "Revisão dos recentes desenvolvimentos na investigação OR/MS na gestão de operações de desastres", *European Journal of Operational Research*, 230(2), 2013, pp. 201-211. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.01.039.
- [7] E. Gralla, J. Goentzel e BV de Walle, "Compreendendo as necessidades de informação dos tomadores de decisão baseados em campo na resposta humanitária a desastres de início súbito", *Proceedings of the 12th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Gestão (ISCRAM)*, 2015, pp. 1-7. [Online] <http://goo.gl/XRFwKw>.
- [8] D. Guha-Sapir, D. Hargitt e P. Hoyois, *Trinta Anos de Desastres Naturais: 1974-2003: Os Números*, 2004. [Online] <http://goo.gl/elsuty>.
- [9] FEA Horita, JP Albuquerque, LC Degrossi, EM Mendiando e J. Ueyama, "Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial para gerenciamento de risco de inundação no Brasil que combina informações geográficas voluntárias com redes de sensores sem fio", *Computers & Geosciences*, 80, 2015, pp. 84-94. DOI: 10.1016/j.cageo.2015.04.001.
- [10] FEA Horita, LC Degrossi, Luiz Fernando Gomes de Assis, A. Zipf e JP d. Albuquerque, "The use of Volunteered Geographic Information (VGI) and Crowdsourcing in Disaster Management: a Systematic Literature Review", *Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, [Online] 2013, <http://goo.gl/ILdjwG>. págs. 1-10.
- [11] FEA Horita, D. Link, JP Albuquerque e B. Hellingrath, "A Framework for the Integration of Volunteer Geographic Information into Humanitarian Logistics", *Anais do 20th Conference of the Americas on Information Systems (AMCIS)*, [Online] 2014, <http://goo.gl/g2YFBA>. pp. 1-12.
- [12] Estrada da Humanidade, terremoto no Nepal: Relatório de situação de mídia social no. 5, 2015. [Online] <http://goo.gl/szmQfa>.
- [13] Estrada da Humanidade, Terremoto no Nepal: Relatório de Situação de Mídia Social nº 9, 2015. [Online] <http://goo.gl/AQqEDD>.
- [14] M. Imran, C. Castilho, F. Diaz e S. Vieweg, "Processamento de mensagens de mídia social em emergência em massa: uma pesquisa", *ACM Computing Surveys*, 2014, pp. 1-37. DOI: 10.1145/2771588.
- [15] Federação Internacional das Sociedades da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho, *Relatório de Desastres Mundiais Focus on Technology and the Future of Humanitarian Action*, 2013. [Online] <https://goo.gl/vG7GRp>.
- [16] M. Jurkowiecka, "Transformação da Logística Humanitária: De Bulk to Retail Logistics and Operations on Border of Humanitarian and Commercial Sectors", em *Gerenciando Cadeias de Suprimentos Humanitários: Estratégias, Práticas e Pesquisa*, B. Hellingrath, D. Link e A. Widera, Editores. 2013. DVV Media Group GmbH (Série Literatura, Economia e Logística): Bremen/Alemanha.
- [17] FS Lima, MB Gonçalves, MMA Samed e B. Hellingrath, "Integration of a Mathematical Model Within Reference Task Model at the Procurement Process Using BPMN for Disasters Events", em *Advances in Swarm and Computational Intelligence*, Y. Tan, Y. Shi, F. Buarque, A. Gelbukh, S. Das e A. Engelbrecht, Editores. 2015. Springer International Publishing: Cham.
- [18] D. Link, B. Hellingrath e T. de Groeve, "Twitter Integration and Content Moderation in GDACSmobile", *Proceedings of the 10th International Conference on Information Systems for*

- Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM), 2013, pp. 67–71. [Online] <http://goo.gl/XsMIPM>.
- [19] D. Link, FEA Horita, JP Albuquerque, B. Hellingrath e S. Ghasemivandhonyar, "Um método para extrair informações relacionadas a tarefas das mídias sociais com base no conhecimento de domínio estruturado", Anais da 21ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS), 2015, pp. 1–16. [Online] <http://goo.gl/r5JGhb>.
- [20] D. Link, K. Meesters, B. Hellingrath e BV de Walle, "Reference Task-based Design of Crisis Management Games", Anais da 11ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM), 2014, págs. 592-596. [Online] <http://goo.gl/WDdwzo>.
- [21] S. Liu, C. Brewster e D. Shaw, "Ontologias para Gerenciamento de Crises: Uma Revisão do Estado da Arte em Design e Usabilidade de Ontologias", Anais da 10ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gerenciamento de Crises (ISCRAM), 2013, pp. 1–10. [Online] <http://goo.gl/h0LQFF>.
- [22] P. Meier, Digital Humanitarians: How Big Data Is Changing the Face of Humanitarian Response, Crc Press, 2014.
- [23] Object Management Group (OMG), "Business Process Model and Notation (BPMN), Versão 2.0" (formal/2013-12-09), [Online] <http://goo.gl/2013JR>.
- [24] Grupo de Gerenciamento de Objetos (OMG), "Modelo de Decisão e Notação (DMN)" (dnc/2014-02-01), 2014. [Online] <http://goo.gl/VDV4tW>.
- [25] Gabinete de Coordenação de Assuntos Humanitários (OCHA), Humanitarianism in the Network Age, 2012. [Online] <https://goo.gl/PZ9PhA>.
- [26] Escritório de Coordenação de Assuntos Humanitários (OCHA), Nepal: Terremoto 2015: Relatório de Situação n. 06, 2015. [Online] <http://goo.gl/Kd9Pw1>.
- [27] Escritório de Coordenação de Assuntos Humanitários (OCHA), Nepal: Terremoto 2015: Relatório de Situação nº 01, 2015. [Online] <http://goo.gl/WRFecD>.
- [28] Escritório de Coordenação de Assuntos Humanitários (OCHA), Nepal: Terremoto 2015: Relatório de Situação no. 05, 2015. [Online] <http://goo.gl/QBPqM>.
- [29] Escritório para a Coordenação de Assuntos Humanitários (OCHA), Nepal: Terremoto 2015: Relatório de Situação nº 20 (de 3 de junho de 2015), 2015. [Online] <http://goo.gl/XoYC3l>.
- [30] Consórcio Geoespacial Aberto (OGC), "Observações e Medições (O&M)" (OGC 10-004r3), 2013. [Online] <http://goo.gl/udPX9T>.
- [31] L. Özdamar e MA Ertem, "Modelos, soluções e tecnologias facilitadoras na logística humanitária", European Journal of Operational Research, 244(1), 2015, pp. 55–65. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.11.030.
- [32] AJ Pedraza-Martinez, "Sobre o Uso da Informação em Operações Humanitárias", em Modelos de Apoio à Decisão para Gestão de Desastres e Emergências, B. Vitoriano, J. Montero e D. Ruan, Editores. 2013. Atlantis Press.
- [33] B. Resch, "Pessoas como Sensores e Observações Contextuais de Sensoriamento Coletivo Complementando Medições de Rede Geo-Sensor", Progress in Location-Based Services, 2013, pp. 391–406. DOI: 10.1007/978-3-642-34203-5_22.
- [34] V. Seal, A. Raha, S. Maity, SK Mitra, A. Mukherjee e MK Naskar, "A Simple Flood Previsão Scheme Using Wireless Sensor Networks", Jornal Internacional de Ad-Hoc, Sensor e Computação Ubíqua, 3, 2012, pp. 45-60. DOI: 10.5121/ijasuc.2012.3105.
- [35] K. Starbird, L. Palen, AL Hugthes e S. Vieweg, "Chatter on The Red: What Hazards Threat Reveals about the Social Life of Microblogging Information", Anais da conferência ACM de 2010 sobre Trabalho Cooperativo Apoiado por Computador (CSCW), 2010, pp. 241–250. DOI: 10.1145/1718918.1718965.
- [36] AH Tapia e K. Moore, "Good Enough is Good Enough: Overcoming Disaster Response Organizations' Slow Social Media Data Adoption", Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 23(4-6), 2014, pp. 483– 512. DOI: 10.1007/s10606-014-9206-1.
- [37] R. Tomasini e L. van Wassenhove, Logística Humanitária, Palgrave Macmillan, Londres/Reino Unido, 2009.
- [38] S. Vieweg, C. Castillo e M. Imran, "Integrando as comunicações de mídia social na avaliação rápida de desastres de início súbito", Social Informatics, 8851, 2014, pp. 444–461. DOI: 10.1007/978-3-319-13734-6_32.
- [39] J. Ziemke, "Mapeamento de Crise: A Construção de um Novo Campo Interdisciplinar?", Journal of Map & Geography Libraries, 8(2), 2012, pp. 101–117. DOI: 10.1080/15420353.2012.662471.