

PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE METEOROLOGIA NO APOIO DA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA: A VISÃO DOS PREVISORES UTILIZANDO A TEORIA DE VALOR MULTIATRIBUTO

Amaury Caruzzo ^{a*}, Daniel Manso ^b, Mischel Carmen Neyra Belderrain ^a

^a Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA(GEAD), São José dos Campos – SP

^b Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA(LAB-GE), São José dos Campos – SP

Resumo

Para a logística de operações humanitárias, informações meteorológicas de qualidade são fundamentais para auxiliar os decisores. Entretanto no Brasil, o sistema de meteorologia precisa ampliar e desenvolver procedimentos para atender as crescentes demandas deste tipo de operação. Neste sentido, o objetivo deste artigo é avaliar o planejamento do sistema de meteorologia nacional, na visão do meteorologista-especialista, para adequar as atividades no apoio das operações relacionadas a desastres naturais e de logística humanitária. As preferências dos meteorologistas foram identificadas por entrevistas para construir a estrutura hierárquica dos critérios e subcritérios e também elaborados diversos cenários para identificar as potenciais alternativas. Utilizando o MAVT – *Multi-Attribute Value Theory* obtiveram-se resultados que indicam que a melhor alternativa é atender, de forma parcial, todos os critérios e subcritérios considerados. Na visão dos meteorologistas, o conjunto de ações para ampliar o sistema nacional precisaria de um investimento de USD 490 milhões em cinco anos. Apesar do grande volume de recursos financeiros no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, é possível concluir que, as preferências dos meteorologistas não foram totalmente atendidas pelos gestores nos altos níveis do Governo, responsáveis pela elaboração deste planejamento.

Palavras-chaves: análise de decisão; desastre natural; logística humanitária; previsão de tempo e clima; defesa civil; MCDA.

Abstract

For the logistics of humanitarian operations, weather information quality is fundamental to aiding decision makers. However in Brazil, the national weather system needs to expand and develop procedures to meet the growing demand for this type of operation. In this sense, this paper evaluates planning at the national weather system by meteorologists, to tailor activities in support of operations related to natural disasters and humanitarian logistics. The preferences of meteorologists were identified through interviews and structured approach for multi-criteria decision analysis, based on the Multi-Attribute Value Theory. The hierarchical structure of criteria and sub-criteria were established, and different scenarios to identify potential alternatives were drawn up. The results indicate that the best alternative is to serve partially all criteria and sub-criteria considered. In the meteorologists' view, expansion of the national system would require an investment of USD 490 million in five years. Despite the financial resources held by Brazil's National Plan of Risk Management and Disaster Response, it can be concluded that the preferences of meteorologists have not been fully met by the managers at the highest levels of government, responsible for the preparation of this plan.

Keywords: decision analysis; natural disasters; humanitarian logistics; weather and climate forecast; civil defense; MCDA.

*Autor para correspondência: e-mail: acaruzzo@ita.br

1. Introdução

O Brasil é constantemente afetado por fenômenos meteorológicos intensos que podem provocar grandes prejuízos materiais, além de perdas de vidas humanas (WMO, 2011). Tais fenômenos são considerados Eventos Meteorológicos Extremos e podem ocorrer de diferentes formas. Como exemplo, chuvas intensas, secas prolongadas, furacões ou mesmo eventos relacionados às ciências atmosféricas, mas de outra origem, como cinzas vulcânicas na atmosfera devido a erupções ou grandes incêndios florestais (WMO, 2011; KERR, 2011; DOLIF; NOBRE, 2012; LINNENLUECKE *et al.*, 2012).

Em casos de desastres naturais, não somente em eventos meteorológicos extremos, mas também, em episódios de terremotos, erupções, tsunamis entre outros, é fundamental a definição de procedimentos e informações para apoiar os decisores. Segundo Altay e Green-III (2006), após o tsunami no Oceano Índico em dezembro de 2004, a demanda por estudos que aplicam técnicas da Pesquisa Operacional – PO no gerenciamento de desastres cresceu significativamente.

Entretanto, diferente do que se observa na literatura internacional (GALINDO; BATTA, 2013), no Brasil ainda não existe uma massa crítica de artigos de PO, com casos reais de tomada de decisão aplicados a desastres naturais, ações de terrorismo ou de assistência humanitária em geral.

De qualquer maneira, na ocorrência de eventos extremos, os serviços meteorológicos no Brasil também precisam subsidiar os decisores com informações confiáveis, para apoiar todas as atividades operacionais e táticas. Importante ressaltar que a previsão de um evento meteorológico extremo, sem as condições necessárias para apoiar o decisor, pode provocar a perda de credibilidade ou como alguns autores na literatura denominam “síndrome do lobo” ou *cry-wolf syndrome* (DAHAL; HAGELMAN, 2011; UCHIDA, 2012).

Por outro lado, órgãos não envolvidos diretamente com a meteorologia, como a Defesa Civil ou as Forças Armadas, já têm estabelecido uma série de procedimentos, a fim de apoiar todas as atividades relacionadas à preparação e assistência às vítimas em caso de desastres naturais (BRASIL, 2007; APTE; HEATH, 2011; WOOD *et al.*, 2012; DOLIF *et al.*, 2013). De forma simplificada, todos os procedimentos logísticos, de preparação, resposta e de assistência nos desastres, podem ser denominados como Logística Humanitária – LH (APTE, 2009). Portanto, o grande desafio está em adequar o sistema de meteorologia no Brasil para apoiar da melhor forma possível as operações de LH e de resposta aos desastres naturais.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é analisar o planejamento do sistema de meteorologia no Brasil, na visão dos meteorologistas operacionais (previsores), para adequar as atividades de apoio às operações de logística humanitária em um evento meteorológico extremo. Através da abordagem com um método de análise multicritério à decisão, foram identificados os principais critérios, estabelecida uma estrutura hierárquica para este planejamento e comparados com as ações do atual Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (BRASIL, 2012).

O artigo está dividido em seis seções. A seção 2 aborda a fundamentação teórica e a contextualização necessárias à compreensão adequada do artigo. A seção 3 trata dos materiais e métodos adotados. Na seção 4, são apresentados os resultados obtidos por meio do processamento dos dados coletados nas entrevistas e na seção posterior são apresentadas as discussões pertinentes. Finalmente, na seção 6, são apresentadas as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

2. Fundamentação teórica

2.1. *Desastres naturais e logística humanitária*

Episódios de desastres naturais, independente da origem, são recorrentes no Brasil e no mundo. Neste sentido, outro fator amplificador a ser considerado, é o potencial efeito destes episódios em criar situações de crise junto à população (UNITED-KINDGOM, 2011; CARUZZO; JORDÃO, 2012). Além disso, Hsiang *et al.* (2011), destacam que em determinadas regiões do mundo, os impactos das mudanças climáticas podem provocar diversos conflitos na população e em casos extremos, ocasionar eventos violentos.

No entanto, a intensidade dos impactos provocados por um evento meteorológico é inversamente proporcional à preparação das autoridades locais (governos) e de suas instituições públicas. O caso dos terremotos no Chile e no Haiti (em 2010) são exemplos desta situação. Conforme apresentado por Padgett (2010), apesar de o terremoto ser mais intenso no Chile, o nível de destruição e o número de mortos foi muito superior no Haiti. Conseqüentemente, este evento se caracterizou como uma situação de desastre natural de grandes proporções, expondo claramente o nível de despreparo das autoridades do país caribenho.

Por outro lado, no Brasil a situação é diferente. Ao observar alguns dos diversos desastres naturais ocorridos nos últimos quatro anos, nota-se que os efeitos não alcançam os níveis de caos e desordem verificados no Haiti. Como exemplo, segundo Kawasaki *et al.*(2012), as chuvas que afetaram São Luiz do Paraitinga-SP em 2010, desalojaram 5.000 pessoas. Entretanto, houve apenas um óbito e não há registros de desordem relevante. Já no caso dos deslizamentos ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro em 2011, considerado o maior desastre natural no Brasil em numero de óbitos (DOLIF *et al.*, 2013), também não registrou eventos de violência e desordem, devido à atuação das autoridades locais e

federais (ORTIZ, 2011). No caso brasileiro, as Forças Armadas participam ativamente deste processo, já que são as instituições com as melhores condições e preparo para atuar em ambientes operacionais desfavoráveis, em função de características intrínsecas em sua respectiva estrutura organizacional e de logística.

Entretanto, é importante ressaltar que para a preparação e resposta a um desastre natural, são necessárias mobilizações para oferecer um amplo apoio às vítimas que vai além das forças armadas, sejam através de organizações de assistência humanitária ou mesmo, por parte dos governos locais.

Como conceito, segundo Apte (2009), todas as atividades logísticas em eventos de desastres, desde a mobilização de preparação até assistência e resposta ao evento, pode ser denominado de Logística Humanitária – LH. Ainda, como destacado por Altay; Green-III (2006), a definição de logística humanitária é uma forma de agregar todas as outras características sobre desastres naturais e atividades relacionadas à resposta a situações de emergência. Neste sentido, a literatura internacional apresenta diversos estudos de casos de desastres e operações de LH de sucesso, utilizando métodos consagrados da Pesquisa Operacional. (SIMPSON; HANCOCK, 2009; APTE; HEATH, 2011; BOZORGI-AMIRI *et al.*, 2012), tais quais na aplicação de métodos de análise de decisão (GREEN; KOLESAR, 2004; ALTAY; GREEN-III, 2006; VITORIANO *et al.*, 2010; LINKOV *et al.*, 2012; GALINDO; BATTA, 2013).

2.2. Apoio da meteorologia na preparação e resposta ao desastre

Segundo a Política Nacional de Defesa Civil Brasileira (BRASIL, 2007) e na literatura internacional (ALTAY; GREEN-III, 2006; APTE, 2009; SIMPSON; HANCOCK, 2009), o ciclo de um desastre natural pode ser apresentado em quatro fases: prevenção – preparação – resposta – reconstrução. Com uma visão mais aplicada para a meteorologia e

eventos extremos, os serviços meteorológicos devem oferecer apoio em todas essas quatro fases.

Nesta direção, vale destacar que, o correto suporte aos decisores durante um desastre natural, precisa também de uma preparação interna da instituição para a resposta a uma situação não rotineira, com uma mudança significativa do *status quo* das atividades (UNITED-KINDGOM, 2011; DOLIF *et al.*, 2013). Entretanto, Altay; Green-III (2006) e Galindo; Batta (2013) apresentam uma variação nas aplicações dos artigos de PO em LH, entre os problemas de mitigação e resposta aos desastres, com ampliação nas quantidades de artigos voltados à fase de preparação.

Além destes aspectos, Ferreira *et al.* (2011) ainda destacam a necessidade da integração dos diferentes *stakeholders* em toda a cadeia de LH, isto é, no caso dos órgãos responsáveis pela meteorologia, deveria haver uma adequada relação entre os administradores públicos, os recursos disponíveis e a população afetada. Ou de uma maneira mais direta, seria adequar as atividades e os procedimentos dos órgãos de meteorologia a um sistema integrado de LH no Brasil, por exemplo, como apresentado na Figura 1.

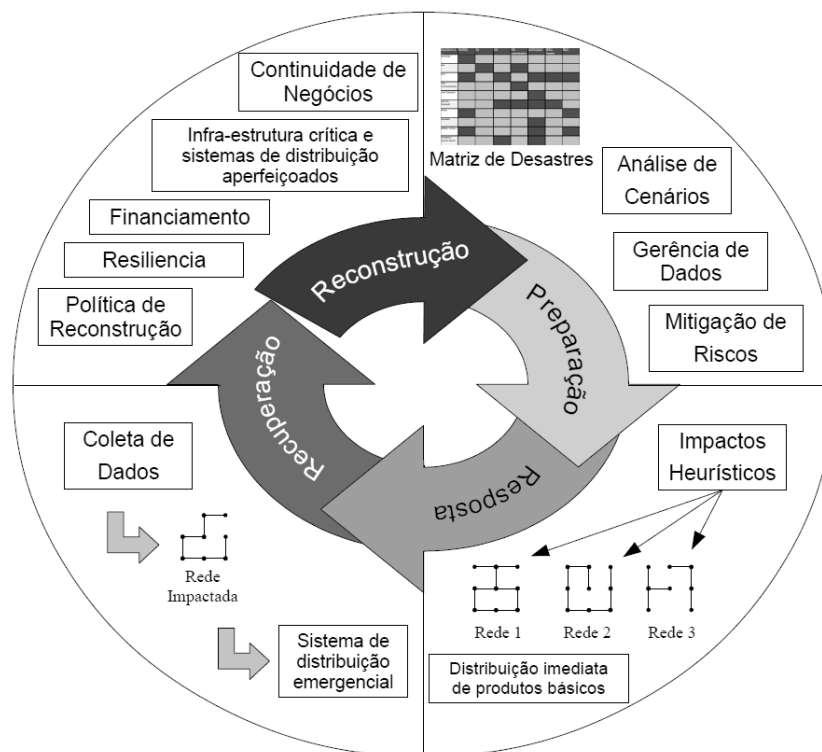


Figura 1: Proposta metodológica de um sistema integrado de logística humanitária.
 Fonte: Ferreira *et al.*, 2011.

As diferentes relações organizacionais e a confiança nos serviços meteorológicos são sempre avaliadas em uma situação de eventos extremos, como chuva de grande intensidade ou furacões. Pielke-Jr (1999) e Schad *et al.* (2012) apresentam alguns casos emblemáticos em outros países, onde a credibilidade dos serviços de previsão de tempo foi prejudicada devido a falhas no gerenciamento da informação e principalmente no atendimento impreciso da população afetada.

No Brasil, diversos artigos também avaliam do ponto de vista técnico-científico os eventos meteorológicos extremos. São apresentadas algumas conclusões e recomendações para o desenvolvimento metodológico e de produtos dos órgãos envolvidos, mas sem aplicação direta com as operações de LH (MARCELINO *et al.*, 2005; ANDRÉ *et al.*, 2009; SOBRAL *et al.*, 2010; SUGAHARA *et al.*, 2010; DOLIF; NOBRE, 2012).

Neste contexto, é possível afirmar que, este artigo atende uma lacuna na literatura científica nacional em apresentar métodos da Pesquisa Operacional para o suporte no planejamento, execução, coordenação e controle de ações, considerando meteorologia, análise de decisão e logística humanitária, neste caso, sob a ótica dos meteorologistas operacionais (previsores).

3. Materiais e métodos

Os processos de tomada de decisão podem ser complexos, com o envolvimento de múltiplos objetivos, critérios e consequências. Nesta situação, os métodos de apoio multicritério à decisão – AMD auxiliam os decisores em diferentes aplicações, por exemplo, nas ciências ambientais aplicadas às mudanças climáticas e no setor de energia (KONIDARI; MAVRAKIS, 2007; WANG *et al.*, 2009; HUANG *et al.*, 2011), ou em casos mais gerais como apresentado por Silva *et al.* (2010); Sharma *et al.* (2012); Madeira-Junior *et al.* (2013).

Portanto, existem diversos trabalhos com diferentes métodos multicritério disponíveis na literatura, nos quais é possível destacar o AHP (SAATY, 2008), MACBETH (BANA E COSTA; CHAGAS, 2004) e o MCDA-C (ENSSLIN *et al.*, 2010). Todos os métodos, com as devidas características, desenvolvem aplicações semelhantes, isto é, identificam a melhor alternativa a partir das preferências dos decisores em relação aos múltiplos critérios estabelecidos. Entretanto, nos diversos métodos multicritérios, outros autores utilizam nomenclatura diferente para conceitos equivalentes, como exemplo: ponto de vista fundamental para critérios ou atributos (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Este trabalho adota o método multicritério *Multi-Attribute Value Theory* – MAVT (VON-WINTERFELDT; EDWARDS, 1986; GOODWIN; WRIGHT, 2004), com abordagem *Swing Weights* (MONTIBELLER *et al.*, 2006; MONTIBELLER; FRANCO,

2007). No MAVT, ainda segundo Belton; Stewart (2002), as preferências do decisor, ou neste caso do meteorologista-especialista, são estruturadas de forma a representar os múltiplos objetivos relacionados ao problema do apoio meteorológico nas operações de LH. Isto é, são estabelecidas as preferências do decisor através de uma função de valor $V(i)$, que é construída a partir de uma comparação dos efeitos de cada um dos critérios. A função de valor pode ser determinada conforme a equação 1 (BELTON *et al.*, 1997).

$$V(i) = \sum_{j=1}^n (w_j v_{ij}) \quad (1)$$

Sendo v_{ij} é o valor de cada alternativa em relação cada critério e w_i é a preferência (taxa de substituição) de cada critério. Portanto, a função de valor é utilizada para determinar os valores totais para cada alternativa, sendo a alternativa com o valor mais elevado como a recomendada para o decisor.

Estas preferências do decisor-especialista foram definidas através de entrevistas individuais não estruturadas, com quatro meteorologistas seniores e com experiência operacional. Os meteorologistas entrevistados trabalharam ou ainda desenvolvem atividades em órgãos públicos, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e nas secretarias de defesa civil (nacional ou estaduais).

Através das entrevistas com os meteorologistas, foi estabelecido um modelo para identificar quais os critérios para ampliar e melhorar o sistema de meteorologia no Brasil. Os entrevistados indicavam quais as ações (ou intervenções) necessárias no atual sistema meteorológico brasileiro e as respectivas preferências entre eles. Em outras palavras, foram determinados os critérios e as taxas de substituição entre eles. A taxa de substituição, como será detalhada a seguir, determina o quanto o decisor está disposto a substituir o ganho em um critério pelo outro. Na Figura 2, é apresentada a estrutura hierárquica de decisão construída a partir da percepção dos meteorologistas exteriorizadas nas entrevistas. Foram

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

definidos quatro critérios principais, com os respectivos subcritérios e as taxas de substituição.

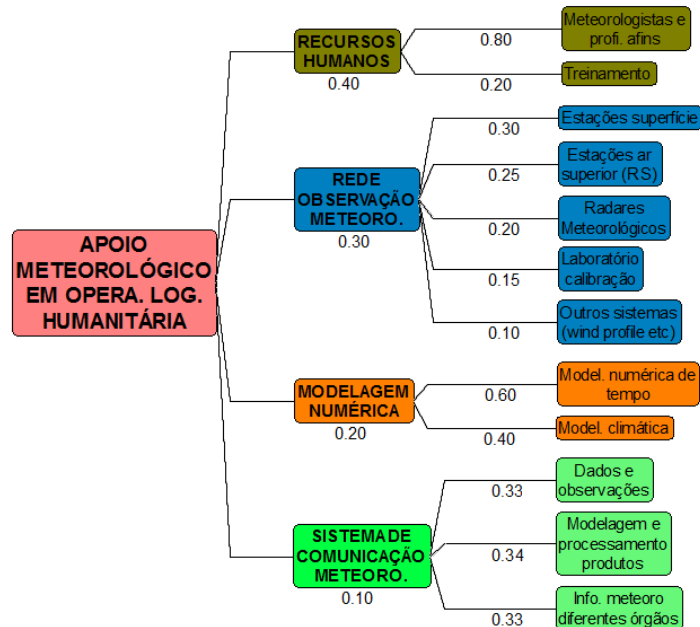


Figura 2: Estrutura hierárquica para ampliar o sistema de meteorologia no Brasil.

Os especialistas foram arguidos com o objetivo de identificar os critérios, subcritérios e estabelecer as respectivas preferências através das taxas de substituição. Como exemplo de perguntas direcionadas ao meteorologista-especialista, tem-se:

- Se não houvesse limitação de recursos financeiros, quais as ações necessárias para melhorar o apoio meteorológico nas operações de logística humanitária e respostas a desastres naturais?
- Em cada um destes critérios/subcritérios, qual é o valor mais desejável ou o nível, considerado “o melhor viável” e qual é o valor mínimo possível, considerado “o pior aceitável”?

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

É conveniente destacar que, os critérios e os subcritérios identificados pelo meteorologista-especialista, correspondem as atuais deficiências no sistema brasileiro, indicados pelos entrevistados:

- Recursos humanos: ampliar a inserção de profissionais (meteorologia e afins) via concurso público com o objetivo de repor os servidores em processo de aposentadoria e adequar às novas demandas dos usuários.
- Rede de observação meteorológica: para realizar uma boa previsão de tempo e clima, é fundamental manter um sistema de observações meteorológicas com vários tipos de sensores, como estações de superfície, radiossondagem, radares meteorológicos, perfiladores de vento, entre outros.
- Modelagem numérica: os modelos numéricos de previsão de tempo e clima necessitam de constantes atualizações e aquisições de novos parques computacionais de alto desempenho (supercomputadores).
- Sistema de comunicação meteorológica: comunicação e transferência dos dados das modelagens numéricas e das observações meteorológicas em tempo real são um dos requisitos para a operação de um sistema de meteorologia nacional.

Com a definição dos critérios e subcritérios pelo meteorologista-especialista e dos níveis em “melhor viável” e “pior aceitável”, o MAVT permite construir a estrutura hierárquica de valor de cada critério/ subcritério através da abordagem *Swing Weights*. Apenas como exemplo de perguntas, têm-se:

- Se um critério X estivesse no nível “melhor viável” (recebesse nota 100) e todos os demais, estivessem no nível “pior aceitável” (recebesse nota 0), qual seria o critério X?

- A partir do critério X (prioridade mais alta), quais seriam as notas de classificação (*ranking*) dos demais critérios?

Na Figura 3, pode ser observado o modelo esquemático para determinar (ou elicitação) as taxas de substituição dos quatro critérios principais a partir das preferências dos entrevistados, utilizando a abordagem *Swing Weights*.

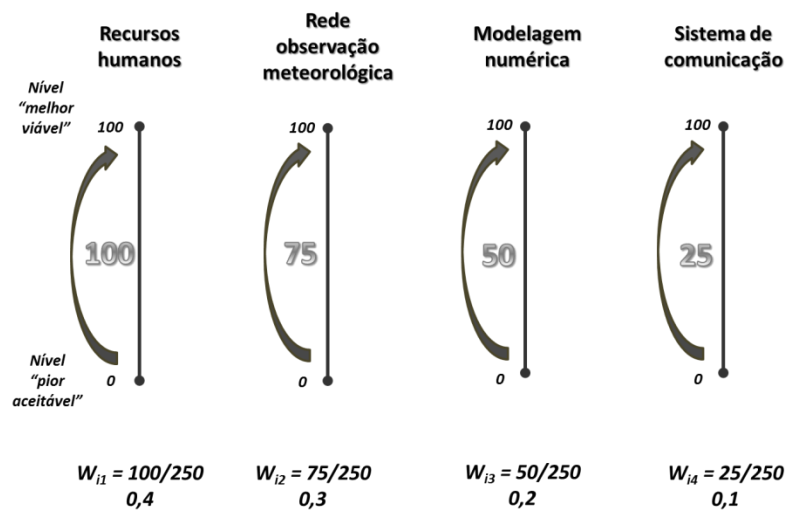


Figura 3: Ilustração esquemática para determinar as taxas de substituição dos quatro critérios principais.

Definidos os valores âncoras, isto é, os níveis “melhor viável” e “pior aceitável” de cada subcritério, podem ser determinados os valores correspondentes dos níveis intermediários da escala da função. Importante destacar que, neste trabalho, todas as funções de valor dos subcritérios considerados foram lineares, devido às características e preferências indicadas pelos entrevistados.

Na Tabela 1, são apresentadas as escalas quantitativas e qualitativas de todos os critérios e subcritérios indicados pelos meteorologistas entrevistados. Importante mencionar que na escala qualitativa foram definidos três níveis, sendo: a) “pior aceitável” = mantêm os recursos financeiros atuais; b) intermediário = duplica o valor dos recursos; c) “melhor viável” = triplica o valor dos recursos financeiros atuais.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabelas 1a e 1b: Escala entre “melhor viável” e “pior aceitável” dos critérios e subcritérios para ampliação do sistema de meteorologia no Brasil.

Escala	Rec. Humanos		Rede de observação meteorológica				
	meteo.	treinam.	superfície	radioson.	radar	laborat.	outros sist
<i>Unid. (por)</i>	<i>servidor</i>	<i>treinam.</i>	<i>estação</i>	<i>estação</i>	<i>radar</i>	<i>laborat.</i>	<i>sensor</i>
melhor	1800	triplica	1500	35	45	triplica	triplica
pior	600	mantém	500	25	25	mantém	mantém

(a)

Escala	Modelagem numérica		Sistemas de comunicação		
	prev. tempo	prev. clima	Dados	Processam.	Informa.
<i>Unid. (por)</i>	<i>supercomp.</i>	<i>supercomp.</i>	<i>link/canal</i>	<i>link/canal</i>	<i>link/canal</i>
melhor	triplica	triplica	triplica	triplica	triplica
pior	mantém	mantém	mantém	mantém	mantém

(b)

Nas entrevistas, foi proposto não haver limitação orçamentária. Desta forma, a partir dos quatro conjuntos de critérios, subcritérios e das preferências dos meteorologistas, foram estabelecidos cenários hipotéticos como potenciais alternativas para o desenvolvimento do sistema meteorológico no Brasil. Na Tabela 2 são apresentados os oito potenciais cenários hipotéticos:

- **extremos:** dois cenários baseados nos extremos, isto é, o cenário “completo”, no qual todas as preferências dos meteorologistas entrevistados são integralmente atendidas e o cenário “pessimista”, no qual são mantidas todas as ações nos níveis atuais, sem nenhuma melhoria ou ampliação do sistema.
- **mix:** dois cenários como um conjunto de todos os critérios (*mix*), onde são atendidas parcialmente cada uma das demandas, sendo denominados como: cenário “otimista” e “provável”.
- **preferencial por ação:** quatro cenários com a demanda integralmente atendida para cada um dos quatro critérios principais, de forma individual, sendo a escala “melhor viável” para: cenário recursos humanos (RH), rede de observação meteorológica

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

(observação), modelagem numérica de tempo e clima (modelagem) e sistema de comunicação meteorológica (comunicação).

Tabelas 2a e 2b: Cenários e os respectivos valores, qualitativos e quantitativos nas preferências dos meteorologista-especialistas.

Cenários	Rec. humanos		Rede de observação meteorológica				
	meteo.	treinam.	superfície	rádioson.	radar	laborat.	outros sist
completo	1800	triplica	1500	35	45	triplica	triplica
otimista	1000	triplica	800	30	40	triplica	duplica
RH	1800	triplica	500	25	25	mantém	mantém
observação	600	mantém	1500	35	45	triplica	triplica
provável	800	duplica	600	25	35	duplica	mantém
modelagem	600	mantém	500	25	25	mantém	mantém
comunicação	600	mantém	500	25	25	mantém	mantém
pessimista	600	mantém	500	25	25	mantém	mantém

(a)

Cenários	Modelagem numérica		Sistemas de comunicação		
	prev. tempo	prev. clima	Dados	Processam.	Informa.
completo	triplica	triplica	triplica	triplica	triplica
otimista	triplica	duplica	triplica	duplica	triplica
RH	mantém	mantém	mantém	mantém	mantém
observação	mantém	mantém	mantém	mantém	mantém
provável	duplica	duplica	duplica	duplica	mantém
modelagem	triplica	triplica	mantém	mantém	mantém
comunicação	mantém	mantém	triplica	triplica	triplica
pessimista	mantém	mantém	mantém	mantém	mantém

(b)

Na Tabela 3, têm-se os valores dos recursos financeiros necessários para ampliar cada um dos quatro critérios principais e os respectivos subcritérios, indicados pelo meteorologista-especialista. Os valores foram estimados através da experiência dos autores e dos meteorologistas entrevistados. Apesar dos valores serem aproximados, é um bom indicativo do volume de investimento necessário para ampliar e adequar o sistema de meteorologia no Brasil para atender as demandas nas operações de LH, defesa civil e apoio a respostas de desastres naturais.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabelas 3a e 3b: Valores utilizados de investimento (USD/ por unidade) para todos os critérios e subcritérios individualmente, com aplicação imediata e no prazo de cinco anos.

Investimento (em USD)							
Valor (custeio e capital)	Rec. humanos		Rede de observação meteorológica				
	meteoro	treinam	superfície	rádioson.	radar	laborat.	outros sist
<i>Unidade</i>	<i>servidor</i>	<i>treinam.</i>	<i>estação</i>	<i>estação</i>	<i>radar</i>	<i>laborat.</i>	<i>sensor</i>
Imediato (anual)	30.000	5.000	50.000	150.000	8.000.000	1.000.000	2.000.000
Total 5 anos	150.000	25.000	1.250	100.000	2.000.000	1.000.000	50.000

(a)

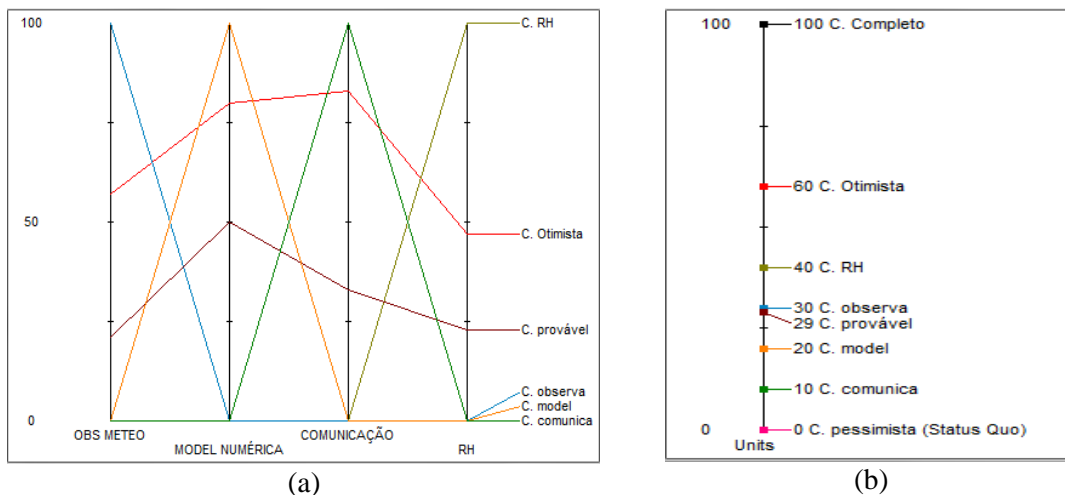
Investimento (em USD)					
Valor (custeio e capital)	Modelagem numérica		Sistemas de comunicação		
	prev. tempo	prev. clima	Dados	Processam.	Informa.
<i>Unidade</i>	<i>supercomp.</i>	<i>supercomp.</i>	<i>link/canal</i>	<i>link/canal</i>	<i>link/canal</i>
Imediato (anual)	20.000.000	20.000.000	5.000.000	500.000	250.000
Total 5 anos	40.000.000	40.000.000	25.000.000	2.500.000	1.250.000

(b)

4. Resultados

Através das preferências dos meteorologistas entrevistados, isto é, da priorização dos quatro conjuntos de critérios e das respectivas taxas de substituição entre eles, foi elaborado um *ranking* de todos os cenários hipotéticos. Na Figura 3a, é possível observar o desempenho de cada cenário em relação à escala de “melhor” e “pior” dos critérios principais. Naturalmente, e apenas para auxiliar na interpretação dos resultados, o melhor cenário classificado foi o “completo”, onde todas as preferências foram integralmente atendidas, obtendo nota 100, como observado na Figura 3b. Por outro lado, o pior cenário foi o “pessimista” (nota 0), no qual, não há investimento adicional e mantém o *status quo* do sistema meteorológico nacional. Entretanto, através do *mix* entre as diferentes preferências, onde todos os critérios são atendidos parcialmente, o cenário “otimista” obteve a melhor pontuação entre os cenários possíveis (nota 60), seguido pelo cenário “RH” (40), “observação” (30) e “provável” (29).

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO



Figuras 3a e 3b: Desempenho dos cenários hipotéticos em relação aos conjuntos de critérios principais (a) e ao ranking final (b).

Em relação aos recursos financeiros envolvidos nos diferentes cenários, na Tabela 4 são apresentados os valores totais estimados para cada um. Nos oito cenários, os critérios são atendidos integralmente ou parcialmente, de acordo com as escalas preferenciais do meteorologista-especialistas. Para a estimativa dos recursos financeiros, foram considerados os valores indicados na Tabela 3, classificados em: a) investimento imediato (curto prazo, até um ano), como exemplo, contratação de recursos humanos ou compra de radares meteorológicos; b) recursos no prazo de até cinco anos, como exemplo, pagamento dos sistemas de comunicação ou manutenção anual dos diferentes instrumentos de observação meteorológica.

Tabela 4: Investimento necessário entre os cenários, separados por valores imediatos e no prazo de cinco anos (capital e custeio).

Cenários	Investimento (em USD)		
	Imediato	5 anos	Total
completo	345.010.000	441.900.000	786.910.000
otimista	222.760.000	267.975.000	490.735.000
RH	36.010.000	180.050.000	216.060.000
observação	217.500.000	44.350.000	261.850.000
provável	137.505.000	158.650.000	296.155.000
modelagem	80.000.000	160.000.000	240.000.000
comunicação	11.500.000	57.500.000	69.000.000
pessimista	0	0	0

5. Discussão

Apesar das preferências serem construídas por entrevistas não estruturadas e com um limitado número de especialistas, os resultados indicam que para atender parcialmente ou integralmente as preferências do meteorologista-especialistas na ampliação do sistema de meteorologia no Brasil seria necessário um investimento além do *status quo*, entre USD 69 milhões (ou R\$ 140 milhões) e USD 787 milhões (ou R\$ 1,6 bilhões) no prazo de cinco anos. Em comparação com os valores mais recentes, levantamentos não oficiais indicam que o Governo Federal gastou em 2010 aproximadamente R\$ 110 milhões em todas as atividades de meteorologia no Brasil, considerando os Ministérios da Defesa, Ciência e Tecnologia e Agricultura.

Por outro lado, após uma série de eventos meteorológicos extremos no Brasil em 2011 (DOLIF; NOBRE, 2012), o mesmo Governo Federal anunciou um novo programa denominado: “Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais”, que investirá em todos os ciclos de desastres naturais um valor total aproximado de R\$ 19 bilhões (BRASIL, 2012). Entretanto, o desafio é identificar quais são as reais preferências dos decisores nos altos níveis do governo para a aplicação destes recursos e não somente entre os meteorologistas operacionais.

Entre os cenários potencialmente possíveis, o “otimista” obteve a melhor classificação, com a nota 60 (Figura 3b). Neste cenário, o investimento total é estimado em USD 490 milhões (ou R\$ 1 bilhão) no prazo de cinco anos, sendo distribuídos em:

- ampliação no quadro de pessoal para 1.000 servidores (meteorologistas e afins);
- triplica o volume de recursos financeiros para treinamento;
- ampliação na rede de estações meteorológicas de superfície para 800 pontos no Brasil;

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

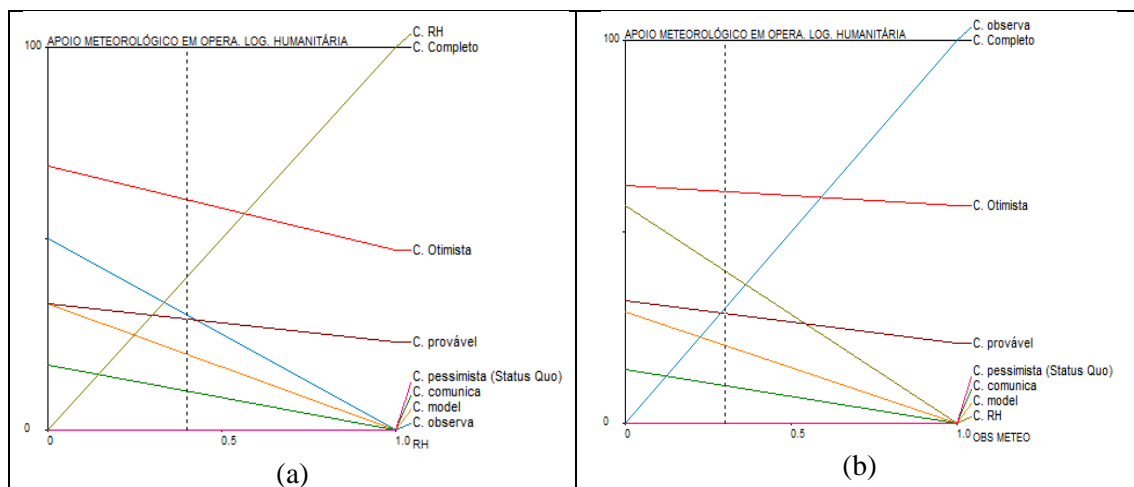
- operação de no mínimo de 30 estações meteorológicas de ar superior (radiossonda);
- ampliação da rede de radares meteorológicos para 40 pontos;
- triplica os recursos financeiros para a operação de laboratórios de calibração de sensores e instrumentos;
- dobro dos recursos para a aquisição de outros tipos instrumentos de observação meteorológica (perfiladores de vento etc);
- triplica e duplica os recursos financeiros para modelagem numérica de tempo e clima, respectivamente;
- ampliação do investimento para melhorar todo o sistema de comunicação de dados e de informações meteorológicas no País.

Outro ponto relevante, segundo Altay; Green-III (2006), é que para um correto gerenciamento de um desastre é necessário entender quais são os fatores críticos e a limitação para obter informações para apoiar a decisão. No caso específico da meteorologia, seria um amplo sistema de observação, com processamento das variáveis meteorológicas em tempo real e o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão. Desta forma, seria possível identificar as melhores práticas ou criar novos métodos no apoio às operações de LH. Como exemplo, seria o equivalente a ter um sistema de observação, associado à modelagem numérica específica para eventos de escorregamento de encostas, no qual poderia estar relacionados as previsões de chuva e as características geológicas locais. Neste caso, devido aos custos, este sistema poderia estar operacional somente durante o verão, evitando assim os altos investimentos em manutenção.

5.1. *Análise de sensibilidade*

Para a avaliação dos resultados, foi realizada uma análise de sensibilidade para os

dois primeiros conjuntos de critérios preferenciais, sendo: a ampliação dos recursos humanos (RH) com peso 0,4 e a rede de observação meteorológica (observa) com peso 0,3. Em ambos os casos, é possível identificar que o cenário “otimista”, sendo um *mix* de todos os critérios, permanece como a melhor alternativa para o peso (ponderação) com valores de até 0,6 como indicado nas Figuras 4a e 4b.



Figuras 4a e 4b: Análise de sensibilidade das alternativas dos cenários, dos critérios recursos humanos (a) e rede de observação (b).

Esta análise, mesmo sendo simplificada e somente para os dois principais critérios, demonstra que a solução de cenários através de um *mix*, na qual todas as demandas são parcialmente atendidas, é a melhor alternativa. Isto é, concentrar os recursos em um único critério preferencial, não é uma boa alternativa.

6. Conclusão

Este artigo teve como objetivo fazer uma análise no planejamento do sistema de meteorologia no Brasil, de modo a adequar as atividades para as demandas nas operações de logística humanitária, através das preferências de meteorologistas com experiência na área operacional e em defesa civil. Foram identificados os principais critérios para ampliar e melhorar o sistema nacional, de modo a consolidar a meteorologia como uma ferramenta de

apoio à tomada de decisão em eventos de desastres naturais. Com uma abordagem por multicritérios e com a elaboração de cenários como potenciais alternativas, foi possível também identificar os impactos, tanto do ponto de vista de demandas atendidas, quanto dos investimentos necessários para a execução.

Os resultados indicaram que um *mix* das ações, isto é, onde todos os critérios são atendidos parcialmente, é a melhor alternativa para ampliar o sistema de meteorologia no Brasil. Entretanto, ao avaliar o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (BRASIL, 2012), os critérios e as preferências dos meteorologistas não representam as mesmas preferências dos decisores no mais alto nível do Governo Federal. Esta característica pode ser observada ao comparar os valores orçamentários previstos no Plano para as ações de “monitoramento e alerta” (antes) e para “resposta” (depois), que tem recurso quase oito vezes superior.

É conveniente destacar que, o atual Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais atende, mesmo que parcialmente, algumas das demandas dos meteorologistas, como por exemplo, a compra de radares meteorológicos. Entretanto, no planejamento divulgado não está prevista uma ampla contratação de novos servidores para os órgãos oficiais de meteorologia no Brasil; o que pelas preferências levantadas nas entrevistas, é a primeira prioridade, dentre todas as outras indicadas. Em última análise, a decisão final, isto é, a aplicação dos recursos financeiros no sistema de meteorologia no Brasil é de responsabilidade dos decisores nos altos níveis do Governo Federal, mas cabe aos meteorologistas aplicar da melhor forma o montante recebido, seja qual for a ordem.

Além de demonstrar um descompasso entre as preferências dos meteorologistas operacionais e os decisores do governo, existe ainda uma visão muito mais relevante e que será abordada em trabalhos futuros, a percepção do usuário final. Ou seja, é questionar se os produtos e os serviços meteorológicos atualmente disponíveis atendem as demandas dos

usuários, independente do nível de aplicação. Por exemplo, nas operações de logística humanitária, diversos eventos utilizam previsão de tempo de curto prazo como casos de chuvas intensas ou ciclones na costa brasileira. Por outro lado, outras atividades mais voltadas a preparação, necessitam de previsões climáticas com informações sobre secas prolongadas ou inundações na região amazônica, por exemplo.

Portanto, cabe aos órgãos meteorológicos nacionais desenvolver os produtos e serviços de modo a atender as demandas individuais dos usuários e ao Governo Federal, oferecer os recursos (financeiros e de pessoal) necessários para que estas demandas sejam atendidas. Somente desta forma, a meteorologia no Brasil poderá ser uma ferramenta eficaz e eficiente para o apoio em todas as etapas nas operações de logística humanitária.

Como trabalhos futuros, sugere-se ampliar as entrevistas com outros meteorologistas e com os decisores do Governo Federal, além de fazer uma avaliação entre os usuários, como órgãos de defesa civil. Outra ação importante é elaborar os potenciais cenários com base nos níveis de preferências de todos os *stakeholders* (altos decisores; meteorologistas e usuários).

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, através da Bolsa de Doutorado ao primeiro autor, processo nº 142212/2011-3 e aos Profs Hugo Yoshizaki (USP), Paulo Gonçalves (USI), Adriana Leiras (PUC-Rio) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo pelo apoio e suporte acadêmico. Os autores agradecem também aos revisores, pelos comentários e recomendações que auxiliaram a melhorar o artigo.

Referências

ALTAY, N.; GREEN-III, W.G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *Eur J Oper Res*, 175, 1, 475-493. doi: 10.1016/j.ejor.2005.05.016

- ANDRÉ, I. R. N.; TAVARES, A. C.; AZEVEDO, T. S. DE; et al. (2009). Clima, variabilidade, mudanças climáticas e uma proposta metodológica para mapeamento de danos provenientes de eventos severos. *Geografia (Rio Claro)*, 34, 3, 595-606.
- APTE, A. (2009). Humanitarian Logistics: A New Field of Research and Action. *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management*, 3, 1, 1-100. doi: 10.1561/0200000014
- APTE, A.; HEATH, S. K. (2011). Request and Response Processes for Department of Defense Support during Domestic Disasters. *J Homel Secur Emerg*, 8, 1, 1-21. doi: 10.2202/1547-7355.1824
- BANA E COSTA, C.A.; CHAGAS, M.P. (2004). A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *Eur J Oper Res*, 153, 2, 323-331. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00155-3
- BELTON, V.; STEWART, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision: An Integrated Approach*. 1 ed. Springer. doi: 10.1007/978-1-4615-1495-4
- BELTON, V.; ACKERMANN, F.; SHEPHERD, I. (1997). Integrated Support from Problem Structuring through to Alternative Evaluation Using COPE and VISA. *J. Multi-Crit. Decis. Anal.*, 6, 115-130.
- BOZORGI-AMIRI, A.; JABALAMELI, M. S.; ALINAGHIAN, M.; HEYDARI, M. (2012). A modified particle swarm optimization for disaster relief logistics under uncertain environment. *Int J Adv Manuf Technol*, 60, 1-4, 357-371. doi: 10.1007/s00170-011-3596-8
- BRASIL. (2007). Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília. Legislação Federal. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/pndc.asp>>. Acesso em: 24 abr 2012.
- BRASIL. Palácio do Planalto. Casa Civil. (2012). Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (2012 – 2014). Brasília: Palácio do Planalto. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/pronunciamentos/apresentacoes/2012/120808_Plano_Nac_Risco_2.pdf>. Acesso em: 2 ago 2012.
- CARUZZO, A.; JORDÃO, T. DE M. (2012). Gestão de crises em eventos meteorológicos extremos no Brasil: uma introdução ao debate. In: XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais... Gramado: SBMET, 5p.
- DAHAL, K.R.; HAGELMAN-III, R. (2011). People's risk perception of glacial lake outburst flooding: a case of Tsho Rolpa Lake, Nepal. *Environmental Hazards*, 10, 2, 154-170. doi: 10.1080/17477891.2011.582310
- DOLIF, G.; ENGELBRECHT, A.; JATOBÁ, A.; DA SILVA, A.J.D.; GOMES, J.O.; BORGES, M.R.S.; NOBRE, C.; CARVALHO, P.V.R. (2013). Resilience and brittleness in the ALERTA RIO system: a field study about the decision-making of forecasters. *Nat Hazards*, 65, 3, 1831-1847. doi: 10.1007/s11069-012-0448-2
- DOLIF, G.; NOBRE, C. (2012). Improving extreme precipitation forecasts in Rio de Janeiro, Brazil: are synoptic patterns efficient for distinguishing ordinary from heavy rainfall episodes? *Atmos Sci Lett*, 13, 3, 216-222. doi: 10.1002/asl.385

ENSSLIN, L. et al. (2010). Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão – construtivista. *Pesquisa Operacional*, 30,1, 125-152. doi: 10.1590/S0101-74382010000100007

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. M. (2001). *Apoio à Decisão - Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas*. 2 ed. Florianópolis: Editora Insular.

FERREIRA, F.; TANIGUCHI, E.; SCHREINER, S. (2011). Gerenciamento de desastres naturais: oportunidades e desafios no contexto da Logística Humanitária. XXV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte. Anais... Belo Horizonte: ANPET, 12p. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2011/368_AC.pdf>. Acesso em: 9 ago 2012.

GALINDO, G.; BATTA, R. (2013). Review of Recent Developments in OR/MS Research in Disaster Operations Management. *Eur J Oper Res*, (in press). doi: 10.1016/j.ejor.2013.01.039

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment*. 3 ed. West Sussex: John Wiley & Sons.

GREEN, L.V.; KOLESAR, P.J. (2004). Improving Emergency Responsiveness with Management Science. *Manage Sci*, 50, 8, 1001-1014. doi: 10.1287/mnsc.1040.0253

HSIANG, S.M.; MENG, K. C.; CANE, M. A. (2011). Civil conflicts are associated with the global climate. *Nature*, 476, 7361, 438-441. doi: 10.1038/nature10311

HUANG, I.B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Sci Total Environ*, 409, 19, 3578-3594. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.06.022

KAWASAKI, B. C. et al. (2012). Logística de resposta a desastres: o caso das chuvas no Vale do Paraíba Paulista em Janeiro de 2010. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Bento Gonçalves: ABEPRO. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_WIC_157_915_20003.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2013

KERR, R.A. (2011). Humans Are Driving Extreme Weather; Time to Prepare. *Science*, 334, 6059, 1040.

KONIDARI, P.; MAVRAKIS, D. (2007). A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energ Policy*, 35, 6235-6257. doi: 10.1016/j.enpol.2007.07.007

LINKOV, I.; ROSOFF, H.; VALVERDE, L. J. et al. (2012). Civilian Response Corps Force Review: The Application of Multi-Criteria Decision Analysis to Prioritize Skills Required for Future Diplomatic Missions. *J. Multi-Crit. Decis. Anal.*, 19, 155-168. doi: 10.1002/mcda.1468

LINNENLUECKE, M.K.; GRIFFITHS, A.; WINN, M. (2012). Extreme Weather Events and the Critical Importance of Anticipatory Adaptation and Organizational Resilience in Responding to Impacts. *Bus. Strat. Env.*, 21, 17-32. doi: 10.1002/bse.708

MADEIRA-JUNIOR, A.G.; CARDOSO-JUNIOR, M.M.; CORREIA, A.R.; BELDERRAIN, M.C.N.; S. H. SCHWANZ. (2013). Integração da metodologia de apoio a decisão construtivista com

a análise fatorial: análise de desempenho da sustentabilidade portuária. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 5, 31–42.

MARCELINO, E.V.; RUDORFF, F.DE M.; MARCELINO, I.P.V. DE O.; GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. (2005). Impacto do furacão catarina sobre a região sul catarinense: monitoramento e avaliação pós-desastre. *Geografia (Rio Claro)*, 30, 3, 559-582.

MONTIBELLER, G.; FRANCO, L.A. (2007). Chapter 10 – Decision and Risk Analysis for the evaluation of Strategic Options. In: O'BRIEN, F. A.; DYSON, R. G. (Eds.). *Supporting strategy: frameworks, methods and models*. 1.ed. Chichester: John Wiley & Sons.

MONTIBELLER, G.; GUMMER, H.; TUMIDEI, D. (2006). Combining Scenario Planning and Multi-Criteria Decision Analysis in Practice. *J. Multi-Crit. Decis. Anal.*, 14, 5-20, 2006. doi: 10.1002/mcda.403

ORTIZ, F. (2011). Após deslizamentos, Nova Friburgo (RJ) está às escuras. *UOL Notícias*, p. 2. Disponível em: < <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/01/12/apos-deslizamentos-nova-friburgo-rj-esta-as-escuras.htm>>. Acesso em: 17 set. 2012.

PADGETT, T. (2010). Chile and Haiti: A Tale of Two Earthquakes. *Time Magazine*, 3p, March, 01st 2010.

PIELKE-JR, R.A. (1999). Who decides? Forecasts and responsibilities in the 1997 Red River flood. *Applied Behavioral Science Review*, 7, 2, 83-101. doi: 10.1016/S1068-8595(00)80012-4

SAATY, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1, 1, 83-98. doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590

SCHAD, I. et al. (2012). Why do people not learn from flood disasters? Evidence from Vietnam's northwestern mountains. *Nat Hazards*, 62, 2, 221-241. doi: 10.1007/s11069-011-9992-4

SHARMA, L.K.; KANGA, S.; NATHAWAT, M.S.; SINHA, S.; PANDEY, P.C. (2012). Fuzzy AHP for forest fire risk modeling. *Disaster Prevention and Management*, 21, 2, 160-171. doi: 10.1108/09653561211219964

SILVA, A.C.S.D.; BELDERRAIN, M.C.N.; PANTOJA, F.C.M. (2010). Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings. *J. Aerosp.Technol. Manag.*, 2, 3, 339-348. doi: 10.5028/jatm.2010.02039110

SIMPSON, N. C.; HANCOCK, P. G. (2009). Fifty years of operational research and emergency response. *J Oper Res Soc*, 60, S126-S139. doi: 10.1057/jors.2009.3

SOBRAL, A.; FREITAS, C. M. DE; ANDRADE, E. V. DE; et al. (2010). Desastres naturais - sistemas de informação e vigilância: uma revisão da literatura. *Epidemiol. Serv. Saúde*, 19, 4, 389-402. doi: 10.5123/S1679-49742010000400009

SUGAHARA, S.; SILVEIRA, R.B. DA; ROCHA, R.P. DA. (2010). Estimativa da probabilidade do evento extremo de precipitação de janeiro de 2000 no Vale do Paraíba, baseada na distribuição generalizada de pareto. *Rev. Bras. Geof.*, 28, 2, 193-208. doi: 10.1590/S0102-261X2010000200005

UCHIDA, K. (2012). A model evaluating effect of disaster warning issuance conditions on “cry wolf syndrome” in the case of a landslide. *Eur J Oper Res*, 218, 2, 530-537. doi: 10.1016/j.ejor.2011.10.050

UNITED-KINGDOM. (2011). British Standards Institution. PAS 200:2011, Crisis management – Guidance and good practice. London. 48p.

VITORIANO, B.; ORTUÑO, M. T.; TIRADO, G.; MONTERO, J. (2010). A multi-criteria optimization model for humanitarian aid distribution. *J Global Optim*, 51, 2, 189-208. doi: 10.1007/s10898-010-9603-z

VON-WINTERFELDT, D.; EDWARDS, W. (1986). *Decision Analysis and Behavioral Research*. 1.ed. New York: Cambridge University Press.

WANG, J.-J.; JING, Y.-Y.; ZHANG, C.-F.; ZHAO, J.-H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renew Sust Energ Rev*, 13, 2263-2278. doi: 10.1016/j.rser.2009.06.021

WMO. (2011). World Meteorological Organization. Communications and Public Affairs Office. *Weather Extremes in a Changing Climate: hindsight on foresight*. Geneva: WMO. 2011. 20p. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/documents/1075_en.pdf>. Acesso em: 23 jul 2012.

WOOD, M.; KOVACS, D.; BOSTROM, A.; BRIDGES, T.; LINKOV, I. (2012). Flood Risk Management: US Army Corps of Engineers and Layperson Perceptions. *Risk Anal*, 32, 1349–1368. doi: 10.1111/j.1539-6924.2012.01832.x