
Uma abordagem para melhorar a tomada de decisão
com big data geoespacial heterogêneo: um aplicativo
usando sistemas de apoio à decisão espacial e
informações geográficas voluntárias para gerenciamento
de desastres

Flávio Eduardo Aoki Horita

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Flávio Eduardo Aoki Horita

Uma abordagem para melhorar a tomada de decisão
com big data geoespacial heterogêneo: um aplicativo usando
sistemas de apoio à decisão espacial e informações
geográficas voluntárias para gerenciamento de desastres

Doctoral dissertation submitted to the Instituto de
Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC USP,
in partial fulfillment of the requirements for the degree
of the Doctorate Program in Computer Science and
Computational Mathematics. FINAL VERSION

Área de Concentração: Informática e
Matemática Computacional

Advisor: Prof. Dr. João Porto de Albuquerque Pereira

USP – São Carlos

Maio de 2017

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP, com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a)

H811a	<p>Horita, Flávio Eduardo Aoki</p> <p>Uma abordagem para melhorar a tomada de decisão with heterogeneous geospatial big data: an application using spatial decision support systems and volunteered geographic information to disaster management / Flávio Eduardo Aoki Horita; orientador João Porto de Albuquerque Pereira. – São Carlos – SP, 2017. 210 p.</p>
	<p>Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2017.</p> <p>1. Tomada de decisão. 2. Geoespacial Heterogêneo Dados. 3. Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão. 4. Volunteered Geographic Information. 5. Disaster Management. I. Pereira, João Porto de Albuquerque, eles sobem II. Título</p>

Flávio Eduardo Aoki Horita

Uma abordagem para melhorar a tomada de decisão com grande volume de dados espaciais heterogêneos: uma aplicação usando sistemas de suporte à decisão espacial e informações geográficas voluntárias na gestão de desastres

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional. VERSÃO REVISADA Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. João Porto de Albuquerque Pereira

USP – São Carlos
Maio de 2017

Ao meu querido amor, Marcela S. Mussio

Aos meus pais, Carlos EH Horita e Clarice MA Horita

À minha irmã, Camila A. Horita

Para meu grande amor, Marcela S. Mussio

Para meus pais, Carlos E. H. Horita e Clarice M. A. Horita

Para minha irmã, Camila A. Horita

RECONHECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por todas as oportunidades que ele me ofereceu e pela força nas dificuldades que enfrentei ao longo de minha jornada neste projeto. Eu realmente acredito que sem minha fé, eu não terminei.

Profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. João Porto de Albuquerque que me ajudou definitivamente na conclusão deste projeto, sempre me impulsionando, mostrando o caminho certo, incentivando nos momentos difíceis e dando importantes contribuições. Mais do que um orientador, tornou-se um amigo com o qual pude compartilhar e aprimorar meus conhecimentos e experiências. Ainda mais, ele me deu todas as condições para desenvolver este projeto, e também a oportunidade de fazer parte do Grupo de Pesquisa AGORA.

Agradeço também ao Prof. Dr.-Ing. Bernd Hellingrath da Universidade de Münster na Alemanha por me dar a oportunidade de aprender muito com seu grupo. Todas as experiências que enfrentei no meu estágio contribuíram para que o meu projeto avançasse, assim como a oportunidade de conhecer diferentes perspectivas e metodologias de investigação e de estar em contacto com outras culturas e pessoas.

Agradeço imensamente ao meu grande amor, Marcela S. Mussio, pelo apoio e paciência durante toda a minha jornada, e também por me inspirar em cada conversa que tivemos. Mesmo quando passei horas explicando meu tópico de pesquisa e pedi que ela discutisse comigo sem que ela soubesse nada sobre isso. Ela me ajudou, ainda mais, quando eu estava no exterior, conversando comigo nos momentos mais difíceis, e também compartilhando os grandes momentos.

Desejo expressar minha gratidão aos meus pais, Carlos EH Horita e Clarice MA Horita que me ensinou todas as melhores coisas da vida, e também por me manter no caminho certo quando estava perdido ou procurando respostas. Todas essas etapas pelas quais passei só foram possíveis por causa de sua educação e esforço. Também gostaria de agradecer a minha irmã Camila A. Horita pelas discussões e contribuições durante o desenvolvimento deste projeto.

Muito obrigado também à minha tia Maria Inês Ohnuma e sua família - Daniel Ohhnuma, Gustavo Ohnuma, Alfredo Ohhnuma, Ana, Erika Alvim, Cristina Guimarães, meu tio Akira Ohnuma (in memoriam), e meus priminhos Arthur, Pedro e Mariana. Agradeço de coração o tempo que me receberam em São Carlos, todas as conversas, almoços e jantares que compartilhamos. Todos esses momentos foram maravilhosos e devo a todos vocês pelo resto da minha vida.

Muito obrigado a toda minha família por todas as conversas e conselhos, em especial, minha vó Aparecida Horita (Bá), meus tios Mariangela Aoki, José Roberto Rogero, Cristina

Aoki, Ruy Hizatugu e Leiko Horita. Agradeço aos meus sogros, em especial, Silvana Mussio e Luiz Mussio que também me deram conselhos importantes e relevantes nesta jornada.

Agradecimento especial ao meu grande amigo Daniel Link, pela amizade, apoio, conversas e incentivo. Posso dizer com certeza que seu apoio foi essencial em muitas fases deste projeto.

Obrigado ao Prof. Dr. Eduardo M. Mendiondo e ao Prof. Dr. Jó Ueyama por seu apoio e ajuda no projeto, contribuições para os artigos e todo o brainstorming que tivemos. Também aprendi muito com os dois.

Agradecimentos especiais aos meus companheiros de grupo (AGORA) Luiz Fernando Assis, Raul Castanhari, Lívia Degrossi, Roberto Rocha e Sidgley Andrade por todas as conversas e contribuições para este projeto. Também sou grato às contribuições de nossos bolsistas de pesquisa do NIBH, principalmente, Jairo Rotava, Danielle Bressiani, Camilo Restrepo, Altair Rosa, Clarissa Camara, Marina Batalini e Maria Clara Fava, e do CEMADEN, em especial, Victor Marchezini.

Thanks to my colleagues and professors from ICMC/USP, in special: Stevão Andrade, Brauner Oliveira, Faimison Porto, Rafael Durelli, Rafael Oliveira, Carlos Damasceno, Kamilla Lyra, Diogenes Dias, Silvana Morita, Wilmax Cruz, Anderson Marcolino, André Endo, Francisco Carlos, Alinne Correa, Valéria Carvalho, Rafael Mantovani, Valdemar Neto, Elias Nogueira, Mauricio Arimoto, Bruno Faiçal, Lina Garcés, Prof. Ellen Francine, Prof. Simone Souza, Prof.

Seiji Isotani, Prof. Paulo Masiero e Profa. Elisa Nakagawa. Aprendi muito com todos vocês.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos na Alemanha, em especial, Diego Siqueira, Matheus Pires, Ajay Kamur, Basheer Sayed, Michael Middelhoff e Luiz Filipe Araújo, meus colegas de departamento. Obrigado pelos cafés, discussões sobre futebol e todas as conversas engraçadas que compartilhamos. Por fim, gostaria de agradecer a Jim Jones por me receber assim que cheguei em Münster e a Luciano Sales, meu tutor na cidade.

Agradecemos a todos os membros do CEMADEN que compareceram ao encontro semiestruturado pontos de vista e sessões de grupos focais, que conduzi no centro como parte desta pesquisa projeto.

Obrigado a todos que contribuíram na revisão de qualquer um dos artigos deste projeto e de esta tese em si. Suas contribuições foram essenciais para a finalização destes textos.

Agradecimentos aos funcionários e funcionários do ICMC/SP no Brasil, bem como da Universidade de Münster na Alemanha, por seu apoio efetivo e contínuo.

Agradeço o apoio financeiro do projeto FAPESP-IVA “Avaliação de Impactos e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas no Brasil e Estratégias para Opções de Adaptação” (Bolsa nº 2008/58161-1), CAPES (Bolsa Pró-alertas nº 88887.091744/2014-01 e nº 88887.091743/2014-01), Universidade de Heidelberg (fundo da Iniciativa de Excelência: 2300054, atribuição: 7812617) e FAPESP (Bolsa nº 2008/58161-1, nº 2011/23274-3 , e não.

2012/18675-1), e agradecimentos especiais ao CNPq (Bolsa nº 202453/2014-6) que apoiou e financiou meu estágio na Universidade de Münster na Alemanha.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por todas as oportunidades que ele tem me oferecido e toda a força para enfrentar as dificuldades que me foram impostas durante o desenvolvimento deste projeto. Eu realmente acredito que sem fé, eu não teria conseguido!

Muito obrigado ao meu orientador, Prof. Dr. João Porto de Albuquerque que contribuiu para a realização deste projeto, sempre me incentivando, mostrando o caminho certo e oferecendo importantes contribuições. Mais do que um orientador, ele se tornou um amigo com o qual pude compartilhar minhas ideias e conhecimentos. Também, me ofereceu todas as condições para desenvolver esse projeto e a oportunidade de fazer parte do Grupo de Pesquisa AGORA.

Eu gostaria de agradecer ao Prof. Dr.-Ing. Bernd Hellingrath da Universidade de Münster na Alemanha por me oferecer a oportunidade de aprender muito com seu grupo de pesquisa. Todas as experiências que eu encontrei durante meu estágio contribuíram substancialmente para a melhoria do meu trabalho, além de aperfeiçoar meu conhecimento em outras metodologias de pesquisas e poder conhecer novas culturas e pessoas.

Sou imensamente grato ao meu amor, Marcela S. Mussio, não apenas por todo o suporte e paciência ao longo do desenvolvimento deste projeto, mas também por me inspirar e encorajar em todas as conversas, mesmo quando eu ficava horas explicando minha pesquisa e perguntava incessantemente para ela discuti-lo comigo, sem ter conhecimento no assunto. Me ajudou ainda mais durante meu estágio, sempre me acalmando nos períodos mais difíceis e compartilhando os momentos felizes.

Obrigado aos meus pais, Carlos E. H. Horita e Clarice M. A. Horita que me ensinaram todas as coisas boas da vida e também por me oferecer suporte quando precisava de ajuda. Todos os meus passos somente foram possíveis por causa da sua educação e esforços. Também, agradeço a minha irmã, Camila A. Horita pelas discussões e contribuições ao longo deste projeto.

Muito obrigado a minha tia Maria Inês Aoki Ohnuma e toda a sua família - Daniel Ohnuma, Gustavo Ohnuma, Alfredo Ohnuma, Ana, Erika Alvim, Cristiana Guimarães, meu tio Akira Ohnuma (in memoriam) e meus priminhos Arthur, Pedro e Mariana. Sou sinceramente grato por todo o tempo que vocês me acolheram em São Carlos, todas as conversas, almoços e jantares que nós compartilhamos. Todos esses momentos foram maravilhosos e eu serei eternamente grato por isso.

Muito obrigado a toda a minha família pelas conversas e conselhos, especialmente, minha avó Apparecida Horita (Bá), meus tios e tias Mariangela Aoki, José Roberto Rogero, Maria

Cristina Aoki, Ruy Hizatugu e Leiko Horita. Também, sou grato a minha segunda família, em especial, Silvana Mussio, Luiz Carlos Mussio, meus sogros, e Dilma Molck, os quais me deram muitos conselhos e ajuda durante o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço especialmente ao meu grande amigo Daniel Link, pela sua amizade, suporte, conversas e encorajamento. Eu posso dizer que seu ajuda foi fundamental para que eu finalizasse este projeto.

Obrigado ao Prof. Dr. Eduardo M. Mendiondo e Prof. Dr. Jó Ueyama por todo o suporte a ajuda ao longo do projeto, contribuições em artigos e as discussões enriquecedores que tivemos. Eu também aprendi muito com vocês.

Obrigado aos meus colegas de grupo (AGORA) Luiz Fernando Assis, Raul Castanhari, Lívia Degrossi, Roberto Rocha e Sidgley Andrade por todas as conversas, discussões, conselhos e contribuições neste projeto. As contribuições dos nossos parceiros de pesquisa do NIBH, principalmente, Jairo Rotava, Danielle Bressiani, Camilo Restrepo, Altair Rosa, Clarissa Camara, Marina Batalini, Maria Clara Fava, e do CEMADEN, em particular, ao Victor Marchezini.

Obrigado aos meus colegas e professores do ICMC/USP por todas as conversas, cafés, experiências compartilhadas e festas, em especial: Stevão Andrade, Brauner Oliveira, Faimison Porto, Rafael Durelli, Rafael Oliveira, Carlos Damasceno, Kamilla Lyra, Diogenes Dias, Silvana Morita, Wilmax Cruz, Anderson Marcolino, André Endo, Francisco Carlos, Alinne Correa, Valéria Carvalho, Rafael Mantovani, Valdemar Neto, Elias Nogueira, Mauricio Arimoto, Bruno Faiçal, Lina Garcés, Profa. Ellen Francine, Profa. Simone Souza, Prof. Seiji Isotani, Prof. Paulo Masiero, e Profa. Elisa Nakagawa. Eu aprendi muito com todos vocês.

Também, gostaria de agradecer aos meus amigos da Alemanha, especialmente, Diego Siqueira, Matheus Pires, Ajay Kamur, Basheer Sayed, Michael Middelhoff, e Luiz Filipe Araújo, meus colegas de departamento. Obrigado pelos cafés e todas as conversas que tivemos. Finalmente, gostaria de agradecer ao Jim Jones por ter me hospedado durante meus primeiros dias em Münster e ao Luciano Sales, meu tutor na cidade.

Obrigado a todos os membros do CEMADEN que participaram das entrevistas semi estruturadas e das sessões de grupos focais, conduzidas no centro como parte deste projeto de pesquisa.

Obrigado a todos aqueles que contribuíram revisando os artigos deste projeto e esta tese. Suas contribuições foram essenciais para a realização destes textos.

Obrigado aos funcionários e pessoal de suporte do ICMC/USP no Brasil e da Universidade de Münster na Alemanha pelo suporte e ajuda.

Sou grato ao financiamento do projeto FAPESP-IVA project “Assessment of Impacts and Vulnerability to Climate Change in Brazil and Strategies for Adaptation Options” (FA PESP no. 2008/58161-1), o projeto Pró-alertas (CAPES no. 88887.091744/2014-01 e no.

88887.091743/2014-01), a FAPESP (Projeto no. 2008/58161-1, no. 2011/23274-3 e no. 2012/18675-1), e agradecimentos especiais ao CNPq (Grant no. 202453/2014-6) por financiar meu estágio na Universidade de Münster na Alemanha.

"Em uma escala mais humana, produtos intensivos em software ajudaram a curar os doentes e deram voz aos mudos, mobilidade aos deficientes e oportunidades aos menos capazes. De todas essas perspectivas, o software é uma parte indispensável do nosso mundo moderno."

(Grady Booch, 1998)

DECLARAÇÃO DE AUTORIA ORIGINAL E LISTA DE PUBLICAÇÕES

Confirmo que esta dissertação não foi submetida como apoio a uma candidatura a outro grau nesta ou noutra instituição de ensino ou investigação. É o resultado do meu próprio trabalho e o uso de todo o material de outras fontes foi devidamente e plenamente reconhecido. Pesquisas feitas em colaboração também são bastante indicadas.

Excertos desta dissertação foram publicados ou submetidos à apreciação de conselhos editoriais de revistas, conferências e workshops, de acordo com a lista de publicações apresentada a seguir. Minhas contribuições para cada publicação também estão listadas.

Publicações resultantes do trabalho nesta tese

(3) Artigos de periódicos

ÿ **Horita, FEA**; Albuquerque, JP; Marchezini, V.; Mendiondo, EM “Preenchendo a lacuna entre a tomada de decisão e as fontes emergentes de big data: uma aplicação de um modelo baseado em estrutura para gestão de desastres no Brasil” (HORITA et al., 2017).

Revista: Sistemas de Apoio à Decisão.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2017.03.001>.

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Polvo, FEA**; Albuquerque, JP; Degrossi, LC; Ueyama, J.; Mendiondo, EM “Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial para gestão de risco de inundações no Brasil que combina informações geográficas voluntárias com redes de sensores sem fio” (HORITA et al., 2015).

Revista: Computadores e Geociências.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2015.04.001> **Nível**

de contribuição: Alto - o doutorando é o pesquisador principal e realizou o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Horita, FEA**; Braga, DS; Monteiro, CDD “O uso da interação multimodal para apoiar a produção de informação baseada em localização” (HORITA; BRAGA; MONTEIRO, 2016).

Revista: IEEE Latin America Transactions.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TLA.2016.7587660> **Nível de**

contribuição: Alto - o doutorando é o pesquisador principal e realizou o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

(7) Documentos da Conferência

ÿ **Horita, FEA**, Albuquerque, JP, Marchezini, V. Mendiondo, EM "Uma análise qualitativa do processo de alerta precoce na gestão de desastres" (HORITA et al., 2016)

Conferência: 13ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM '16).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Horita, FEA**; Liga, D.; Albuquerque, JP; Hellingrath, B. "oDMN: Um modelo integrado para conectar as necessidades de tomada de decisão às fontes de dados emergentes no gerenciamento de desastres" (HORITA et al., 2016).

Conferência: 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '16).

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/HICSS.2016.361> **Nível**

de contribuição: Alto - o doutorando é o pesquisador principal e realizou o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Horita, FEA**; Liga, D.; Albuquerque, JP; Hellingrath, B. "Um Marco para a Integração de Informações Geográficas Voluntárias na Logística Humanitária" (HORITA et al., 2014).

Conferência: 20ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS '14).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Polvo, FEA**; Fava, MC, Mendiondo, EM; Rotava, J.; Souza, VC; Ueyama, J., Albuquerque, JP "AGORA-GeoDash: A Geosensor Dashboard for Real-time Flood Risk Monitoring" (HORITA et al., 2014a).

Conferência: 11th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM '14).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Polvo, FEA**; Assis, LFFG; Castanhari, RES; Isotani, S.; Cruz, WM; Albuquerque, JP "Uma arquitetura colaborativa social baseada em gamificação para aumentar a resiliência contra desastres naturais" (HORITA et al., 2014).

Conferência: X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI '14).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando auxiliou na definição e avaliação da arquitetura conceitual e na redação do artigo.

ÿ **Horita, FEA;** Degrossi, LC; Assis, LFFG; Zipf, A.; Albuquerque, JP “O uso de Informação Geográfica Voluntária e Crowdsourcing na gestão de desastres: uma revisão sistemática da literatura” (HORITA et al., 2013).

Conferência: 19ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS '13).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Horita, FEA;** Albuquerque, JP “Uma abordagem para apoiar a tomada de decisão na gestão de desastres com base em Informações Geográficas Voluntárias (VGI) e Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão (SDSS)” (HORITA; ALBUQUERQUE, 2013a).

Conferência: 10th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM '13).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com o seu colaborador.

(2) Trabalhos de Workshop

ÿ **Horita, FEA;** Fava, MC; Souza, VC; Ueyama, J.; Albuquerque, JP; Mendiondo, EM “Ferramenta baseada na Web para fornecer informações úteis em tempo real para a tomada de decisões no gerenciamento de enchentes” (HORITA et al., 2014b).

Workshop: Conferência de Adaptação às Mudanças Climáticas (Adaptation Futures '14).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com seus colaboradores.

ÿ **Horita, FEA;** Albuquerque, JP “Fornecendo suporte à decisão em tempo real na gestão de enchentes usando informações voluntárias” (HORITA; ALBUQUERQUE, 2013b).

Workshop: 1a Escola Latino Americana de Engenharia de Software (ELA-ES '13).

Nível de contribuição: Alto - o doutorando é o investigador principal e conduziu o trabalho em conjunto com o seu colaborador.

Outras Publicações Relacionadas

(1) Capítulo de livro

ÿ Albuquerque, JP, **Horita, FEA**, Degrossi, LC, Rocha, RS, Andrade, SC, Restrepo-Estrada, C.

“Aproveitando a Informação Geográfica Voluntária para melhorar a resiliência a desastres: Lições aprendidas com AGORA e direções de pesquisa futura”.

Livro: Campelo, C., Bertolotto, M., Corcosan, P. (eds.). Informação Geográfica Voluntária e o Futuro dos Dados Geoespaciais. Idea Group Inc., (ALBUQUERQUE et al., 2017).
Nível de contribuição: Médio - o doutorando contribui e conduziu o trabalho juntamente com seus colaboradores.

(1) Artigos de revistas

ÿ Assis, LFFG; Herfort, B.; Steiger, E.; **Horita, FEA**; Albuquerque, JP "Priorização geográfica de mensagens de redes sociais em tempo quase real usando fluxos de dados de sensores: uma aplicação para inundações".

Revista: Revista Brasileira de Cartografia e Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sentido Remoto, (a ser publicado).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando auxiliou na redação do artigo.

(8) Documentos da Conferência

ÿ Leyh, W.; Fava, MC; Abe, N.; Restrepo-Estrada, C.; **Horita, FEA**; Mendiondo, EM; Albuquerque, JP "SDI-Node para interligar informações, essenciais para a preparação e gestão de desastres, com outros dados abertos vinculados" (LEYH et al., 2016).

Conferência: 13ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM '16).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando ajudou no brainstorming.

ÿ Assis, L. F. F. G.; Behnck, L. P.; Doering, D.; Freitas, E. P.; Pereira, C. P.; **Horita, F. E.**

UMA.; Ueyama, J.; Albuquerque, JP "Gerenciamento dinâmico de sensores: estendendo a rede de sensores para integração de sensores móveis em tempo quase real em cenários dinâmicos" (ASSIS et al., 2016).

Conferência: 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA '16).

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/AINA.2016.100> **Nível de**

contribuição: Médio - o doutorando apoiou o desenvolvimento e avaliação do trabalho e auxiliou na redação do artigo.

ÿ Assis, LFFG; Herfort, B.; Steiger, E.; **Horita, FEA**; Albuquerque, JP "Geógrafo priorização ical de mensagens de redes sociais em tempo quase real usando fluxos de dados de sensores: uma aplicação para inundações" (ASSIS et al., 2015).

Conferência: XVI Simpósio Brasileiro de Geoinformática (GEOINFO '15).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando auxiliou na redação do artigo.

ÿ Poiani, T. H.; **Horita, F. E. A.**; Albuquerque, J. P. "Análise geográfica entre mensagens georreferenciadas de redes sociais e dados oficiais para suporte à tomada de decisões de agências de emergência" (POIANI; HORITA; ALBUQUERQUE, 2015).

Conferência: XVI Simpósio Brasileiro de Geoinformática (GEOINFO '15).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando auxiliou na redação do artigo.

ÿ Assis, LFFG; Herfort, B.. Steiger, E.; **Horita, FEA**; Albuquerque, JP “Uma abordagem geográfica para priorização imediata de mensagens de mídia social para melhorar gestão de risco de inundação” (ASSIS et al., 2015).

Conferência: IV Workshop Brasileiro de Análise e Mineração de Redes Sociais (BraSNAM '15).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando auxiliou na redação do artigo.

ÿ Link, D.; **Horita, FEA**; Albuquerque, JP; Hellingrath, B.; Ghasemivandhonaryar, S.

“Um método para extrair informações relacionadas a tarefas das mídias sociais com base no conhecimento de domínio estruturado” (LINK et al., 2015).

Conferência: 21^a Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS '15).

Nível de contribuição: Médio - o doutorando auxiliou na análise do material coletado, bem como na redação do artigo.

ÿ Rocha, R. S.; Degrossi, L. C.; **Horita, F. E. A.**; Albuquerque, J. P. “AGORA-PL: Uma Proposta para desenvolvimento de famílias de sistemas colaborativos baseados em VGI para a gestão do risco de inundação” (ROCHA et al., 2014).

Conferência: Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC '14).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando auxiliou no desenvolvimento da arquitetura conceitual e na redação do artigo.

ÿ Fava, MC; Santana, G.; Bressiani, DA; Rosa, A.; **Horita, FEA**; Mendiondo, E.

M. “Integração de sistemas de tecnologia da informação para previsão de cheias com fontes de dados hídricos” (FAVA et al., 2014).

Conferência: 6^º Conferência Internacional sobre Gestão de Inundações (ICFM '14).

Nível de contribuição: Baixo - o doutorando apoiou o desenvolvimento do quadro conceitual e na redação do artigo.

RESUMO

HORITA, FEA. **Uma abordagem para melhorar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo: um aplicativo usando sistemas de apoio à decisão espacial e informações geográficas voluntárias para gerenciamento de desastres.** 2017. 210 f. Tese de Doutorado (Programa de Doutorado em Ciência da Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP), São Carlos – SP.

Contexto: Uma tomada de decisão precisa exigir informações mais atualizadas para estabelecer a realidade da situação geral. Novas fontes de dados (p. ex., tecnologias vestíveis) tem aumentado a quantidade de dados úteis disponíveis, que agora é chamado de “big data”. Isso tem grande potencial para transformar todo o processo de negócio e melhorar a precisão na tomada de decisão. Nesse contexto, a gestão de desastres representa um interessante cenário que depende de “big data” para aprimorar a tomada de decisão. Isso porque, ela tem que lidar com dados fornecidos não apenas por fontes tradicionais (p. ex., sensores estáticos), mas também por fontes emergentes – por exemplo, informações compartilhadas por voluntários locais, ou seja, as informações geográficas de voluntários (VGI). Quando combinadas, essas fontes de dados podem ser consideradas grandes em volume, com diferentes velocidades e uma variedade de formatos. Além disso, uma análise com relação à sua veracidade é necessária, uma vez que essas fontes de dados são desconectadas e propensas a erros. Esses são os “4Vs” que caracterizam “big data”. **Problema:** Embora todos esses dados abrem novas oportunidades, seu grande volume em conjunto com uma integração inapropriada e uma visualização inadequada podem tornar as informações ignoradas por tomadores de decisão. Isso ocorre, pois, a integração dos dados disponíveis torna-se complicada devido a heterogeneidade intrínseca em suas características (e.g., dados em formatos diferentes). Quando integradas, essas informações frequentemente também não chegam aos tomadores de decisão em uma condição adequada (p. ex., no formato de visualização adequado). Além disso, não existe uma clara compreensão sobre as necessidades dos tomadores de decisão ou sobre como os dados disponíveis podem ser usados para atender essas necessidades. **Objetivo:** Dessa forma, esta tese de doutorado apresenta uma abordagem para melhorar a tomada de decisões com grande volume de dados espaciais heterogêneos baseada em sistemas de suporte à decisão espacial e informações geográficas de voluntários na gestão de desastres. **Métodos:** Mapeamentos sistemáticos foram conduzidos para identificar lacunas de pesquisa no uso de dados voluntários e sistemas de suporte à decisão na gestão de desastres. Com base nestes estudos, dois projetos de design science foram conduzidos. O primeiro deles buscou definir elementos para a busca de fornecer um melhor entendimento das necessidades dos tomadores de decisão. Também foi conduzido um projeto de pesquisa-ação interinstitucional para definir princípios de projeto que deveriam ser observados para um sistema de suporte à decisão espacial ser efetivo no apoio a tomada de decisão com grande volume de dados espaciais heterogêneos. Uma série de estudos de caso empíricos foram conduzidos para avaliar os resultados desses projetos. **Resultados:**

A abordagem geral então é composta pelos três resultados significantes que foram derivados desses projetos. Em primeiro lugar, uma arquitetura conceitual que especifica a integração de fontes de dados heterogêneas. O segundo elemento é uma estrutura baseada em modelo que descreve a conexão entre a tomada de decisão com as fontes de dados mais adequadas. Com base nessa estrutura, o terceiro elemento consiste em um conjunto de princípios de design que guiaram o desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão espacial para tomada de decisão com grande volume de dados espaciais heterogêneos. **Conclusão:** Essa tese de doutorado realizou importantes contribuições para a prática e pesquisa. Em resumo, ela define formas para integrar fontes de dados heterogêneos, fornece uma melhor compreensão sobre as necessidades dos tomadores de decisão e ajuda no desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão espacial para tomada de decisão com grande volume de dados espaciais heterogêneos.

Palavras-chave: Tomada de Decisão, Dados Espaciais Heterogêneos, Sistemas de Suporte à Decisão Espacial, Informações Geográficas Voluntárias, Gestão de Desastres.

ABSTRATO

HORITA, FEA. **Uma abordagem para melhorar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo: um aplicativo usando sistemas de apoio à decisão espacial e informações geográficas voluntárias para gerenciamento de desastres.** 2017. 210 f. Tese de Doutorado (Programa de Doutorado em Ciência da Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP), São Carlos – SP.

Contexto: A tomada de decisão precisa requer informações atualizadas e precisas para estabelecer a realidade de uma situação global. Novas fontes de dados (por exemplo, tecnologias vestíveis) vêm aumentando a quantidade de dados disponíveis e úteis, que agora são chamados de “big data”. Isso tem um grande potencial para transformar todo o processo de negócios e melhorar a precisão das decisões. Nesse contexto, a gestão de desastres representa um cenário interessante que conta com “big data” para aprimorar a tomada de decisões. Isso porque ele deve lidar com dados fornecidos não apenas por fontes tradicionais (por exemplo, sensores estacionários), mas também por fontes emergentes - por exemplo, informações compartilhadas por voluntários locais, ou seja, informações geográficas voluntárias. Quando combinadas, essas fontes de dados podem ser consideradas grandes em volume, com diferentes velocidades e uma variedade de formatos. Além disso, é necessária uma análise para confirmar sua veracidade, uma vez que essas fontes de dados são desconectadas e propensas a vários erros. Estes são os “4Vs” que caracterizam o “big data”. **Gap:** No entanto, embora todos esses dados abram mais oportunidades, seu grande volume, juntamente com uma integração inadequada de dados e uma visualização inadequada, podem fazer com que as informações sejam negligenciadas pelos tomadores de decisão. Esse problema surge porque a integração dos dados disponíveis é dificultada pela heterogeneidade intrínseca de suas características (por exemplo, sua ocorrência em diferentes formatos). Quando integradas, essas informações também muitas vezes não chegam aos tomadores de decisão de forma adequada (por exemplo, em formatos de visualização apropriados). Além disso, não há uma compreensão clara das necessidades dos tomadores de decisão ou como os dados disponíveis podem atender a essas necessidades. **Objetivo:** À luz disso, esta tese apresenta uma abordagem para melhorar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo com base em sistemas de apoio à decisão espacial e informações geográficas voluntárias na gestão de desastres. **Métodos:** Estudos de mapeamento sistemático foram conduzidos para identificar lacunas em estudos de pesquisa no que diz respeito ao uso de informações voluntárias e sistemas de apoio à decisão espacial. Com base nesses estudos, dois projetos de ciência do design foram realizados. O primeiro deles visava definir os elementos essenciais para garantir a integração de dados heterogêneos, enquanto o segundo projeto visava obter uma melhor compreensão das necessidades dos decisores. Um projeto de pesquisa-ação interorganizacional também foi realizado para definir os princípios de design que devem ser observados para um sistema de suporte à decisão espacial para apoiar efetivamente a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo. Uma série de estudos de caso empíricos foi realizada para avaliar os resultados desses projetos. **Resultados:** A abordagem geral consiste, portanto, nos três resultados significativos derivados desses projetos. O primeiro resultado foi a arquitetura conceitual que define a integração de dados heterogêneos

fontes. O segundo resultado foi uma estrutura baseada em modelo que descreve a conexão de tomada de decisão com fontes de dados apropriadas. O terceiro resultado é baseado no framework e compreende um conjunto de princípios de design para orientar o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão espacial para tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo. **Conclusão:** Esta tese trouxe uma contribuição útil tanto para a prática quanto para a pesquisa. Em suma, define formas de integrar fontes de dados heterogêneas, fornece uma melhor compreensão das necessidades dos tomadores de decisão e apoia o desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão espacial para auxiliar efetivamente a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo.

Palavras-chave: Tomada de Decisão, Dados Geoespaciais Heterogêneos, Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão , Informação Geográfica Voluntária, Gestão de Desastres.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de desastres em 2015.	39
Figura 2 – Número de desastres no Brasil de 1991 a 2012.	39
Figura 3 – Estratégia Nacional Brasileira para Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais mento.	43
Figura 4 – Metodologia da Pesquisa.	47
Figura 5 – Contexto global deste projeto. Adaptado de Albuquerque et al. (2017).	51
Figura 6 – Gestão de desastres.	56
Figura 7 – Arquitetura do SDSS.	61
Figura 8 – GeoDashboard para monitoramento de risco de inundação.	62
Figura 9 – Comparação da área mapeada antes e depois do terremoto no Haiti.	66
Figura 10 – Elementos de um processo de negócio. Baseado em (DUMAS et al., 2013).	67
Figura 11 – Notações BPMN e DMN.	68
Figura 12 – Exemplo de processo de negócio modelado em BPMN. Com base em Dumas et al. (2013).	68
Figura 13 – Exemplo de processo de negócio e decisão modelado usando BPMN e MND. Com base em Biard et al. (2015).	69
Figura 14 – String de pesquisa para estudo de mapeamento sistemático A.	74
Figura 15 – Estudos devolvidos separados por fases e banco de dados eletrônico.	75
Figura 16 – Estudos selecionados ao longo dos anos por base eletrônica.	76
Figura 17 – Estudos por tipo de desastre e anos.	78
Figura 18 – Tipos de desastres abordados nos estudos selecionados.	79
Figura 19 – String de pesquisa para Estudo de Mapeamento Sistemático B.	82
Figura 20 – Processo de seleção.	84
Figura 21 – Estudos devolvidos separados por fases e bases eletrônicas.	84
Figura 22 – Estudos por anos.	85
Figura 23 – O uso de VGI por fase de gerenciamento de desastres.	87
Figura 24 – Arquitetura conceitual do AGORA-DS	93
Figura 25 – A interação com a camada de suporte à decisão	95
Figura 26 – Área de estudo em São Carlos/SP, Brasil Figura	96
27 – Observatório Cidadão da Inundação (DEGROSSI et al., 2014)	97
Figura 28 – Interação com o Observatório Cidadão da Inundação	98
Figura 29 – Observações armazenadas na tabela de observação do banco de dados SOS do AGORA-DS	99
Figura 30 – Visualização integrada de dados heterogêneos	101

Figura 31 – Relatório do cidadão utilizado para avaliação dos dados do sensor	102
Figura 32 – Relatório do cidadão da área não medida	102
Figura 33 – Arquitetura conceitual do oDMN+. Na figura, elementos evidenciados em cinza são os propostos nesta pesquisa, enquanto os demais já existem no literatura.	110
Figura 34 – Exemplo de uso.	112
Figura 35 – metamodelo oDMN+.	113
Figura 36 – Processo de modelagem.	115
Figura 37 – Sala de controle de monitoramento do Cemaden.	117
Figura 38 – Versão compactada do processo de negócio de emissão de aviso.	120
Figura 39 – Decisão de abertura de alerta.	121
Figura 40 – Versão expandida do processo de negócio de emissão de aviso.	122
Figura 41 – Dados da decisão “Impacto Potencial”.	123
Figura 42 – Conhecimento empresarial da decisão “Impacto Potencial”.	123
Figura 43 – Dados de entrada da decisão “Impacto Potencial”.	124
Figura 44 – Fontes de dados.	124
Figura 45 – A interligação de todos os elementos para a decisão “Abrir um aviso”.	125
Figura 46 – Etapas e ações da pesquisa em design-ação. Com base em Sein et al. (2011).	136
Figura 47 – Os ciclos interativos do projeto de pesquisa em design-ação. Baseado em Sein et al. (2011).	136
Figura 48 – Referencial teórico.	141
Figura 49 – Arquitetura AGORA-DS que incorpora os princípios de design.	147
Figura 50 – Recurso “Configuração de decisão” do aplicativo baseado na web do AGORA-DS.	149
Figura 51 – Recurso “Configuração de localização” do aplicativo baseado na web do AGORA-DS.	149
Figura 52 – Recurso “Análise geoespacial detalhada” do aplicativo baseado na web do AGORA-DS.	150
Figura 53 – Uma teoria de projeto de um SDSS para apoiar a tomada de decisão em dinâmica ambientes com big data geoespacial heterogêneo.	162
Figura 54 – Resumo das contribuições do conhecimento.	167

LISTA DE MESAS

Tabela 1 – Bases de dados eletrônicas do Estudo de Mapeamento Sistemático A.	73
Tabela 2 – Relação de critérios de qualidade do Estudo de Mapeamento Sistemático A.	74
Tabela 3 – Estudos selecionados no Estudo de Mapeamento Sistemático A.	77
Tabela 4 – Metodologia dos estudos selecionados no Estudo de Mapeamento Sistemático A.	79
Tabela 5 – Bases de dados eletrônicas do Estudo de Mapeamento Sistemático B.	81
Tabela 6 – Relação de critérios de qualidade do Estudo de Mapeamento Sistemático B.	83
Tabela 7 – Estudos selecionados no Estudo de Mapeamento Sistemático B.	86
Tabela 8 – Número de tipos de informações dos voluntários utilizados no Estudo de Mapeamento Sistemático B.	88
Tabela 9 – Método DSR.	107
Tabela 10 – Nova representação gráfica incluída pelo oDMN+.	111
Tabela 11 – Resumo dos métodos de coleta de dados.	118
Tabela 12 – Relação dos princípios de projeto e requisitos do sistema.	144
Tabela 13 – Conceitos de avaliação relacionados à avaliação precoce da proposta de TI-Dominante intervenção.	151

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS

ADR	Pesquisa de Design de Ação
AGORA . . .	Uma Arquitetura Colaborativa Aberta Geoespacial para Construir Resiliência contra Desastres e eventos extremos
AGORA-DS	Decision Support Component of AGORA
AGORA-GeoDash	GeoDashboard System of AGORA
AGORA-VOS	Volunteered Observation Service of AGORA
ANA.	Agência Nacional de Águas
COM	Pesquisa-ação
BPM	Gestão de Processos de Negócios
BPMN. . .	Notação de gerenciamento de processos de negócios
Cemaden.	Centro de Monitoramento e Alerta Prévio de Desastres Naturais
CENAD. .	Centro Nacional de Gestão de Riscos de Desastres
CPRM . . .	Serviço Geológico Brasileiro
CPTEC. . .	Centro de Previsão do Tempo e Pesquisa Climática
DSR.	Pesquisa em Design Science
DSS.	Sistemas de Suporte à Decisão
EM-DATA . .	O Banco de Dados Internacional mantido pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (CRED)
SIG.	Sistemas de Informação Geográfica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET. . . .	Instituto Nacional de Meteorologia
O&M.	Observação e Medições
oDMN. . . .	Modelo de decisão e notação sensível à observação
OGC.	Consórcio Geoespacial Aberto
OH MEU DEUS	Grupo de gerenciamento de objetos
OSM.	Abrir mapa de ruas
SDI.	Infraestrutura de Dados Espaciais
SDSS.	Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão
SLR.	Revisão Sistemática da Literatura
SMS	Estudo de Mapeamento Sistemático
SOA.	Arquitetura Orientada a Serviços
SOS.	Serviço de Observação de Sensores

UAV. Veículo Aéreo Não Tripulado

UNISDR. Estratégia Internacional das Nações Unidas para Redução de Desastres

URL localizador padrão de recursos

VGI. Informações geográficas voluntárias

VTC. Comunidades voluntárias e técnicas

WFS. Serviço de recurso da Web

WMS. Serviço de mapa da web

RSSF. Rede de sensores sem fio

CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO	37
1.1	Contextualização	37
1.2	Motivação e Declaração do Problema	40
1.3	Objetivos	44
1.4	Metodologia da Pesquisa e Resumo das Contribuições	46
1.5	Contexto de Pesquisa	50
1.6	Esquema de Tese	52
2	FUNDO	55
2.1	Visão geral	55
2.2	Gestão de Desastres	55
2.3	Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão	57
2.3.1	Sistemas de Apoio à Decisão	57
2.3.2	Caracterização de Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão	59
2.3.3	Painéis Digitais	60
2.4	Grandes Dados	62
2.5	Informação Geográfica Voluntária	65
2.6	Modelos de Negócios e Notações	67
2.7	Considerações Finais	70
3	VGI E SDSS NA GESTÃO DE DESASTRES	71
3.1	Visão geral	71
3.1.1	Estudo de Mapeamento Sistemático A - Informações Geográficas Voluntárias e Gestão de Desastres	72
3.1.2	Estudo de Mapeamento Sistemático B - VGI, Tomada de Decisão e Desastre Gestão	80
3.2	Considerações Finais	89
4	UMA ARQUITETURA CONCEITUAL QUE INTEGRA O HET FONTES DE DADOS ERÓGENAS	91
4.1	Visão geral	91
4.2	AGORA-DS: Descrição e Arquitetura	92
4.2.1	Camada de aquisição	92
4.2.2	Camada de Integração	94

4.2.3	Camada de suporte à decisão	94
4.3	AGORA-DS: Implantação e Análise	95
4.3.1	Área de Estudo	95
4.3.2	Implantação	96
4.3.3	Análise de implantação	99
4.3.3.1	Interoperabilidade e Integração de Dados.	99
4.3.3.2	Apoio à gestão do risco de inundação: lições aprendidas	101
4.4	Discussão	103
4.5	Considerações Finais	104
5	UMA ESTRUTURA BASEADA EM MODELO QUE CONECTA A DECISÃO FAZENDO PARA FONTES DE DADOS	105
5.1	Visão geral	105
5.2	Desenho e Métodos de Pesquisa	106
5.2.1	Atividade 1: Problema de Pesquisa	106
5.2.2	Atividade 2: Design como Artefato	107
5.2.3	Atividade 3: Avaliação do Projeto	108
5.2.4	Atividade 4: Contribuição de Pesquisa	108
5.2.5	Atividade 5: Rigor de Pesquisa	108
5.2.6	Atividade 6: Design como um processo de pesquisa Estrutura oDMN+ : uma estrutura para conectar a tomada de decisão com Fontes de Dados	109
5.3.1	oDMN+: um modelo e notação multicamadas	109
5.3.2	O Processo de Modelagem	114
5.4	Estudo de Caso	116
5.4.1	O Cemaden	116
5.4.2	O Processo de Modelagem no Cemaden	117
5.4.3	Os resultados de modelagem do Cemaden	119
5.4.3.1	Processo de Negócios Modelado	119
5.4.3.2	Decisões Modeladas	121
5.4.4	Avaliação dos Diagramas Modelo Gerados no Cemaden	124
5.5	Discussão	128
5.5.1	Um modelo multicamadas e notação para a conexão da tomada de decisão com fontes de dados	128
5.5.2	Um processo de modelagem para apoiar a conexão das tarefas dos tomadores de decisão com as fontes de dados emergentes	129
5.5.3	Lições Aprendidas e Implicações do Estudo de Caso	129
5.6	Considerações Finais	131

6	PRINCÍPIOS DE PROJETO PARA GUIAR O DESENVOLVIMENTO DE UM SDSS PARA TOMADA DE DECISÃO COM HETEROGÊNEOS DADOS GEOESPACIAIS.....	133
6.1	Visão geral	133
6.2	Método de Pesquisa	134
6.2.1	O Projeto de Pesquisa Action Design no Cemaden	135
6.3	Projeto de um SDSS para Ambientes Dinâmicos com Heterogêneos Grandes Dados Geoespaciais	135
6.3.1	Primeiro Ciclo	137
6.3.1.1	Fase 1: Formulação do Problema	137
6.3.1.2	Fase 3: Reflexão e Aprendizagem	139
6.3.2	Segundo Ciclo	140
6.3.2.1	Fase 2: Construção, Intervenções e Avaliação	140
6.3.2.2	Fase 3: Reflexão e Aprendizagem	154
6.3.2.3	Etapa 4: Formalização da Aprendizagem	158
6.4	Discussões	158
6.4.1	Teoria do Projeto de um SDSS para Ambientes Dinâmicos com Big Data Geoespacial Heterogêneo	159
6.4.1.1	Princípio do Usuário define os Requisitos de Informação das Decisões	159
6.4.1.2	Princípio Revisado de Configuração de Fontes de Dados controlada pelo Usuário com um Mapeamento para informações necessárias	159
6.4.1.3	Princípio revisado de integração de dados com base em localização	160
6.4.1.4	Princípio da Geovisualização Multiescala	161
6.4.2	Implicações para a Prática e Pesquisa	161
6.5	Considerações Finais	163
7	CONCLUSÕES	165
7.1	Revisitando as Contribuições da Tese	168
7.2	Limitações e Linhas de Trabalho Futuras	170
REFERÊNCIAS		173
APÊNDICE A	PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO NO CEMADEN.....	193
APÊNDICE B	PROTOCOLO DE GRUPO DE FOCO NO CEMADEN	205
APÊNDICE C	PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE PROJETO AQUELE CEMADEN.	209



INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

As decisões são parte intrínseca do cotidiano das comunidades, desde o momento em que as pessoas acordam em casa (por exemplo, quais serão minhas tarefas durante o dia?) acordar amanhã?). Estamos constantemente tomando decisões importantes que, em alguns casos, podem determinar o caminho que tomamos ou a maneira como conduzimos nossas vidas. O mesmo se aplica ao funcionamento diário das organizações; seus gerentes e diretores estão continuamente analisando as variáveis do negócio para escolher a melhor alternativa para aumentar os lucros e/ou reduzir os custos de produção. A tomada de decisão pode, assim, ser considerada como uma das áreas de pesquisa mais antigas da literatura, pois se baseia em metodologias, ferramentas e teorias úteis em diferentes cenários, desde gestão de tráfego até psicologia. No entanto, ao mesmo tempo, todas essas diferentes aplicações transformaram a área em um campo complexo, em grande parte porque tem que lidar com fatores intangíveis (por exemplo, as perspectivas psicológicas de diferentes indivíduos) em vez de fatores tangíveis (por exemplo, as características particulares de um contexto e uso de tecnologias) (SIMON, 1977; SAATY, 2008).

Apesar disso, os dados disponíveis ainda desempenham um papel crucial na área, pois influenciam os resultados das decisões, por exemplo, se um engenheiro de tráfego requer dados sobre as condições das estradas ao decidir qual é o fluxo de tráfego adequado. Tanto os fatores tangíveis quanto os intangíveis afetam o sucesso ou o fracasso de uma decisão, mas um tomador de decisão ainda precisa de dados adequados ao tomar uma decisão apropriada. Caso contrário, ele pode simplesmente depender de sua própria experiência e isso pode resultar em uma decisão errada e levantar questões sobre sua confiabilidade e eficiência (TVERSKY; KAHNEMAN, 1974). Em particular, os dados geoespaciais têm um grande potencial neste contexto, pois se baseiam em fatores tangíveis que estão sempre ligados a uma configuração geográfica ou região específica (BILLA et al., 2006) - por exemplo, os produtos mais vendidos (informações) de uma região (um determinado local) ou o volume de clientes (informações) que compram em um supermercado individual (cenário geográfico).

Como os dados disponíveis são essenciais para a tomada de decisões atualizadas e precisas, tem havido uma preocupação entre profissionais e pesquisadores com o desenvolvimento de novas tecnologias e mecanismos para aprimorar a coleta de dados ou melhorar as tecnologias e mecanismos de coleta de dados existentes. Ao usar essas fontes de dados emergentes, “os gerentes podem medir e, portanto, saber radicalmente mais sobre seus negócios e traduzir diretamente esse conhecimento em melhores tomadas de decisão e desempenho” (MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012). Por exemplo, os gerentes de supermercados agora são capazes de entender os padrões de comportamento de seus clientes e, assim, prever quais produtos são mais propensos a serem comprados ou os livreiros podem recomendar produtos com base na sequência de cliques do cliente nos sites.

Todos esses dados levaram ao chamado “big data” que se caracteriza por quatro fatores (HASHEM et al., 2015): (1) grande volume de dados; (2) bases de dados tradicionais e regulares que não são capazes de lidar com os dados disponíveis; (3) o rápido crescimento do volume de dados; e (4) a preocupação com a veracidade dos dados disponíveis. Isso foi seguido pelo desenvolvimento de tecnologias inovadoras para superar o problema da demanda por armazenamento de dados (por exemplo, bancos de dados SciDB e NoSQL). Ao mesmo tempo, a área de ciência de dados vem crescendo através do desenvolvimento de algoritmos e novas tecnologias para análise e mineração de dados (por exemplo, Hadoop e análise distribuída), e assim mais pesquisas têm sido realizadas para abranger a tomada de decisões com dados (GOPALKRISHNAN et al., 2012; MILLER; MORK, 2013; HASHEM et al., 2015; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; LINK et al., 2015). Por exemplo, Miller & Mork (2013) adotaram o conceito de cadeia de valor de dados para uma metodologia que não apenas auxilia o processamento de dados, mas também descreve tecnologias úteis que podem dar suporte a todas as atividades envolvidas na metodologia. Mandviwalla & Watson (2014) descreveram uma organização como uma mistura de “capitais” (humano, econômico, social, simbólico e organizacional); por exemplo, o capital econômico inclui recursos de capital financeiro, físico e de manufatura. Com base nessa definição, eles empregaram uma estratégia de mídia social para gerar esses capitais. Outro grupo de trabalhos explora a área de tomada de decisão baseada em dados (MARSH; PANE; HAMILTON, 2006; POYNTON; CAREY, 2006; NOVAK; PAULOS; CLAIR, 2011; PROVOST; FAWCETT, 2013; TSAI; SUNG; KANG, 2016). Dentro desse grupo, Duggan (2014) empregou processamento de linguagem natural para consultar conjuntos de dados com o objetivo de permitir que as pessoas tomem decisões informadas. Em contraste, Gill, Borden & Hallgren (2014) desenvolveram uma metodologia que define um conjunto de medidas que podem ser empregadas para apoiar a tomada de decisão baseada em dados na e

No geral, big data tem um grande potencial para transformar processos em diversas áreas, por exemplo, saúde, biologia, gestão de desastres, engenharia, finanças, ciências urbanas, negócios e, eventualmente, a própria sociedade. Neste projeto, a gestão de desastres foi tomada como um cenário representativo de tomada de decisão com big data. Isso é particularmente importante e necessário porque vários desastres naturais afetaram a vida comunitária de vários países (Haiti em 2010, Austrália em 2010-11, Japão em 2011, Filipinas em 2013 e Nepal em 2015) e causaram sérios danos a todos eles (Figura 1). Esses eventos podem ser definidos como uma ruptura da “capacidade local” de uma comunidade que tem vários efeitos adversos (p.

propagação de doenças, problemas financeiros, degradação ambiental, etc.). Também leva a circunstâncias difíceis para seus membros e à necessidade de assistência em nível nacional e internacional (MARCELINO, 2007; JHA, 2010). Em termos de perdas, em 2015, os desastres naturais causaram perdas financeiras de cerca de US\$ 100 bilhões em todo o mundo e causaram 23.000 mortes. 42% desses desastres relatados, 24% das fatalidades e 19% das perdas financeiras foram relacionadas a eventos hidrológicos extremos (MUNICHRE, 2015).

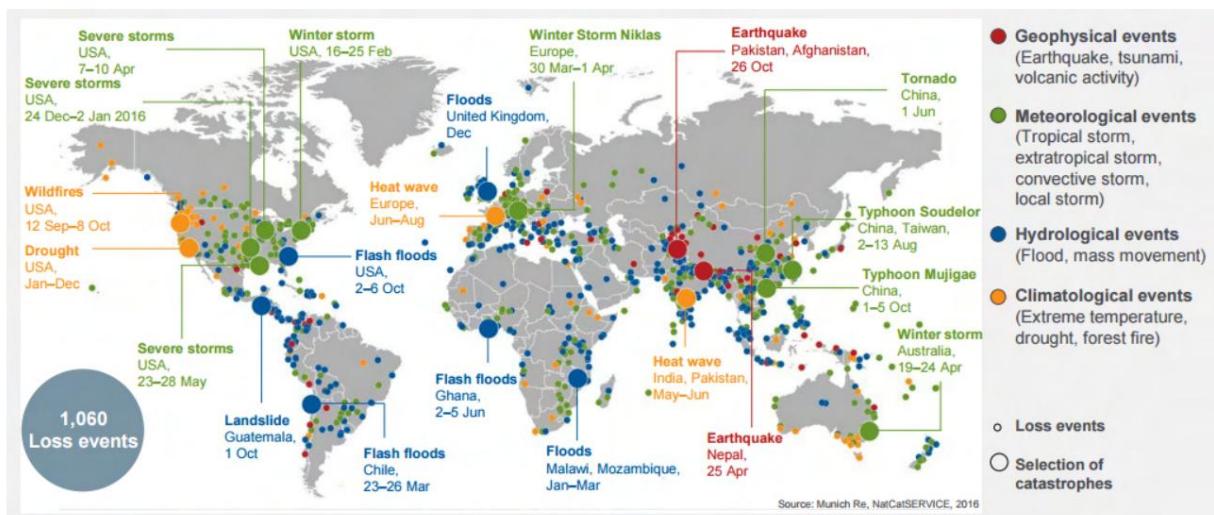


Figura 1 – Mapa do Desastre 2015.

Munique RE, Geo Risks Research.

No Brasil, os desastres naturais também atingiram diversas regiões do país e causaram graves danos à infraestrutura e a perda de vidas. No período 1991-2012, o número de desastres cresceu de 773 para quase 4.000 por ano (Figura 2) e esse número deverá aumentar devido à frequência das mudanças climáticas e condições climáticas extremas.

Na tentativa de reduzir o impacto desses desastres, governos, órgãos oficiais,

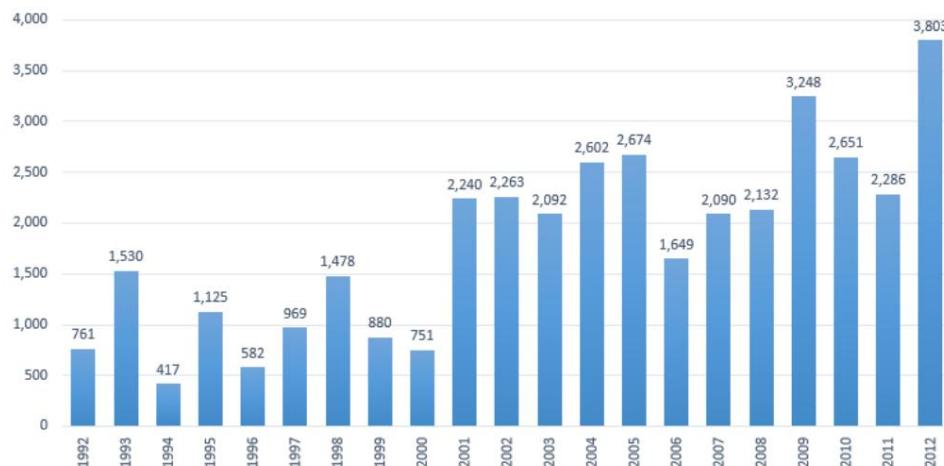


Figura 2 – Número de desastres no Brasil de 1991 a 2012.

Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991-2012).

e as comunidades locais devem realizar atividades de socorro com vistas a construir alguma forma de resistência contra eles, ou seja, para permitir que as comunidades resistam, mudem ou se adaptem às condições em caso de desastre (NORRIS et al., 2008). As fontes de dados tradicionais têm fornecido informações úteis sobre variáveis ambientais; por exemplo, estações hidrológicas para medir o nível de água em leitos de rios, radares meteorológicos para detectar as condições meteorológicas e pluviômetros para calcular o volume de chuvas (MANSOURIAN et al . , 2009; HUGHES et al., 2011; ASSIS et al., 2016). Essas fontes de dados foram complementadas por voluntários comuns que forneceram informações valiosas sobre a situação atual nas áreas afetadas por meio de plataformas de mídia social (por exemplo, Twitter), SMS, plataformas participativas (por exemplo, observatórios cidadãos e aplicativos móveis) e mapeamento (por exemplo, OpenStreetMap) (ERSKINE; GREGG, 2012; HORITA et al., 2013; DEGROSSI et al., 2014; ALBUQUERQUE et al., 2015). Esse tipo de informação é definido como Informação Geográfica Voluntária (VGI), que é uma coleção de dados espaciais digitais produzidos por indivíduos e instituições informais, ou seja, por cidadãos comuns que utilizam ferramentas apropriadas para reunir e divulgar suas visões e conhecimentos geográficos na web (GOODCHILD , 2007).

Por exemplo, Zook et al. (2010) mostraram que os voluntários da comunidade OSM em todo o mundo geraram mapas de boa qualidade poucas horas após o terremoto que atingiu o Haiti em 2010. Esses mapas foram essenciais para apoiar as atividades das equipes de socorro. Como as informações voluntárias compartilhadas podem ser limitadas, não estruturadas e de difícil compreensão, há também um grupo de voluntários que são conhecidos como Comunidades de Voluntários e Técnicos (VTC) ou Humanitários Digitais (MEIER, 2014; ALBUQUERQUE; HERFORT; ECKLE, 2016) . São voluntários e profissionais espalhados pelo mundo, cuja tarefa é dar sentido à grande quantidade de dados de mídia social, SMS e imagens capturadas de satélites e veículos aéreos não tripulados para apoiar os esforços de socorro em todo o mundo (MEIER, 2014). Por exemplo, Link, Hellingrath & Ling (2016) usaram esses voluntários para supervisionar mensagens de mídia social filtradas por um sistema de aprendizado de máquina . Por meio desse moderador, o sistema conseguiu realizar melhorias e fornecer informações mais valiosas e precisas.

No entanto, embora todos esses dados abram novas fronteiras, seu grande volume e o fato de as estratégias de integração e visualização de dados serem inadequadas, levantam uma série de problemas que devem ser superados para melhorar a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. A próxima seção fornece uma declaração do problema, bem como estabelece os fatores motivadores por trás deste projeto.

1.2 Motivação e Declaração do Problema

Como mencionado anteriormente, as decisões são parte intrínseca do dia-a-dia de diferentes comunidades e pessoas. Estes podem estar relacionados à nossa vida pessoal (por exemplo, ir para o trabalho de carro ou ônibus), que são importantes para a maneira como nossas vidas individuais são conduzidas e vinculadas à nossa participação em uma comunidade (por exemplo, caminhar para o trabalho é melhor para o meio ambiente) isso é

importante para o seu bem-estar geral. Dessa forma, as informações disponíveis fornecem um suporte valioso para a tomada de decisões, por exemplo, pode-se decidir não ir trabalhar a pé se estiver chovendo lá fora. A tomada de decisão precisa, portanto, requer dados disponíveis atualizados e adequados, principalmente porque são capazes de afetar os resultados das decisões. Neste contexto, os fatores motivacionais por trás deste projeto são duplos.

Em primeiro lugar, este projeto é impulsionado por importantes desafios que ainda permanecem na literatura no que diz respeito à tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo, bem como a desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SDSS) que integra fontes de dados heterogêneas (eg, VGI e sensores in-situ). A questão da integração de dados heterogêneos tem sido amplamente investigada na literatura. Alguns estudos empregaram uma infraestrutura de dados espaciais como meio de alcançar isso. Mansourian et al. (2006) desenvolveram um modelo conceitual de infraestrutura de dados espaciais para permitir que uma infraestrutura integrada seja estabelecida para um sistema de gestão de desastres diferente. De forma semelhante, Molina & Bayarri (2011) projetaram uma arquitetura SDI e desenvolveram um aplicativo baseado na web que emprega uma abordagem cognitiva para permitir o compartilhamento de informações. Embora a implementação de padrões interoperáveis possa ser considerada um requisito importante, esses trabalhos não os utilizaram nem para interoperabilidade entre os sistemas nem para integração de fontes de dados. Isso é abordado por outro grupo de estudos, que busca analisar o uso dos padrões abertos do Open Geospatial Consortium (OGC) para alcançar a interoperabilidade entre diferentes sistemas. Zhang & Li (2005) enfatizam a importância dos padrões abertos OGC - ou seja, Web Feature Service (WFS) e Web Map Service (WMS) - para compartilhar dados espaciais quase em tempo real pela web. Além disso, Markovic, Stanimirovic & Stoimenov (2009) utilizam padrões abertos OGC, ou seja, Sensor Observation Service (SOS), WFS e WMS, para encapsular dados de sensores e espaciais no Sistema de Monitoramento e Alerta de Águas Fluviais (RWMAS) com o objetivo de detectar e prevenir a poluição da água. Quanto à questão da integração do VGI com outras fontes de dados, Wan et al. (2014) e Schnebele, Cervone & Waters (2014) descrevem abordagens distintas para integrar dados autoritativos e não autoritativos com o objetivo de fornecer visualização de eventos baseada em localização, análise estatística e recursos gráficos para as autoridades e o público.

Embora a informação integrada possa ser de grande valia no apoio à tomada de decisão, muitas vezes ela não chega aos tomadores de decisão de forma adequada (por exemplo, em formatos de visualização adequados e no tempo necessário) (BARTON; COURT, 2012; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; DOLIF et al., 2013). Como resultado, os tomadores de decisão são fornecidos com informações inúteis que ainda requerem amplo conhecimento ou experiência para processamento adicional de dados. Isso também dificulta a previsão do impacto que a mudança de disponibilidade de dados pode ter em tarefas específicas, o que dificulta a determinação das formas mais adequadas de geração de novos dados, pois é praticamente impossível descobrir se e onde há uma falta de informação. Diante disso, é fundamental compreender plenamente qual fonte de dados pode atender às necessidades de informação dos tomadores de decisão para que os principais itens de informação possam contribuir efetivamente para a tomada de decisão e excelência operacional.

Diante disso, nos últimos anos, crescente atenção tem sido dada aos trabalhos envolvidos na análise do uso de dados para apoiar a tomada de decisão, em grande parte devido ao crescente interesse em ciência de dados, e assim mais pesquisas têm sido realizadas nesta área. (MARSH; PANE; HAMILTON, 2006; PROVOST; FAWCETT, 2013; MILLER; MORK, 2013; DUGGAN, 2014). Outro grupo de estudos tentou analisar o uso de diferentes fontes de dados (por exemplo, o servidor de dados externo e sensores) para apoiar a tomada de decisão em diferentes cenários (GOPALKRISHNAN et al., 2012; CHEN; CHIANG; STOREY, 2012; HORITA et al., 2012; CHEN; CHIANG; STOREY, 2012; HORITA et al . al., 2014a; WAMBA et al., 2015). Dentro deste grupo, Taylor et al. (2013) idealizaram uma arquitetura de software para processamento e visualização de dados coletados de sensores, enquanto Vera-Baquero, Colomo-Palacios & Molloy (2013) delinearam uma arquitetura para integração de dados de diferentes organizações, que incluiu um servidor de dados para melhorar a análise de negócios. gerenciamento de desempenho.

Mensagens de mídia social também têm sido empregadas para apoiar tarefas organizacionais como tendências de marketing (MALSBENDER et al., 2013; KURNIAWATI; SHANKS; BEKMAMEDOVA, 2013), gerenciamento de desastres (IMRAN et al., 2014; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; LINK et al., 2015) ou medir a satisfação do cliente (ROSEMANN et al., 2012). Por exemplo, Kleindienst, Pfleger & Schoch (2015) integraram a análise de mídias sociais com os objetivos de negócios de uma organização, decompondo esses objetivos em fatores críticos de sucesso que possibilitam conhecer os requisitos de informação, para que possam ser combinados com a análise de mídia social apropriada . Em resumo, a literatura existente ainda carece de pesquisas que explorem os requisitos arquiteturais para coletar e integrar fontes de dados heterogêneas e então realizar a visualização das informações integradas. Além disso, embora esses trabalhos abordassem questões importantes, eles não forneceram um método capaz de fornecer uma melhor compreensão da relação entre a tomada de decisão e seus dados apropriados, ou seja, quais são as informações necessárias para a tomada de decisão.

Em segundo lugar, uma vez que este projeto selecionou a gestão de desastres como um cenário representativo para a tomada de decisões com big data, também é orientado por considerações práticas e de domínio. Isso ocorre porque os desastres devem aumentar em frequência nos próximos anos devido às mudanças climáticas e, portanto, medidas de mitigação e resposta são urgentemente necessárias para reduzir a gravidade de seu impacto (NORRIS et al., 2008; MENDIONDO, 2010; KELMAN; GAILLARD ; MERCER, 2015). Embora os formuladores de políticas responsáveis pela redução do risco de desastres recomendem o uso de informações baseadas em localização e o desenvolvimento de tecnologias sociais e sistemas de telecomunicações de monitoramento de riscos, espera-se que estes, por sua vez, aumentem o volume e a heterogeneidade dos dados disponíveis. Por exemplo, o Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 define 13 princípios orientadores e estabelece quatro prioridades para a redução do risco de desastres (ONU, 2015; AITSI-SELMI et al., 2015). Com base nestes princípios, fica claro que a redução do risco de desastres requer “uma abordagem multirriscos e uma tomada de decisões inclusiva, informada sobre o risco, com base na troca aberta e na disseminação de dados desagregados, bem como em dados de fácil acesso e atualizados. -informações de risco datadas, comprehensíveis, baseadas na ciência e não sensíveis, complementadas pelo conhecimento tradicional”. A estrutura também faz recomendações para

abordando esses princípios - por exemplo, o fornecimento de informações de risco de desastres com base na localização para tomadores de decisão em um formato apropriado usando tecnologia de informação geoespacial. Outras recomendações importantes, que são importantes neste projeto, incluem o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce, riscos de desastres e mecanismos de comunicação de emergência, tecnologias sociais e sistemas de telecomunicações de monitoramento de perigos que devem ser adaptados às necessidades dos usuários. Além disso, são necessários dados confiáveis que possam fazer uso do espaço e informações in situ, incluindo GIS, bem como tecnologia de informação e comunicação para aprimorar a coleta, análise e disseminação de dados.

No Brasil, o governo divulgou seu quadro nacional com as medidas que vêm sendo adotadas para o enfrentamento dos desastres no país. A Estratégia Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais, lançada em 2012, visa reduzir os danos causados por desastres e garantir a segurança das comunidades e, assim, salvar vidas¹.

A estratégia foi centrada em

quatro áreas principais: medidas preventivas, mapeamento e compreensão dos riscos, monitoramento e alerta precoce e resposta, conforme mostrado na Figura 3.

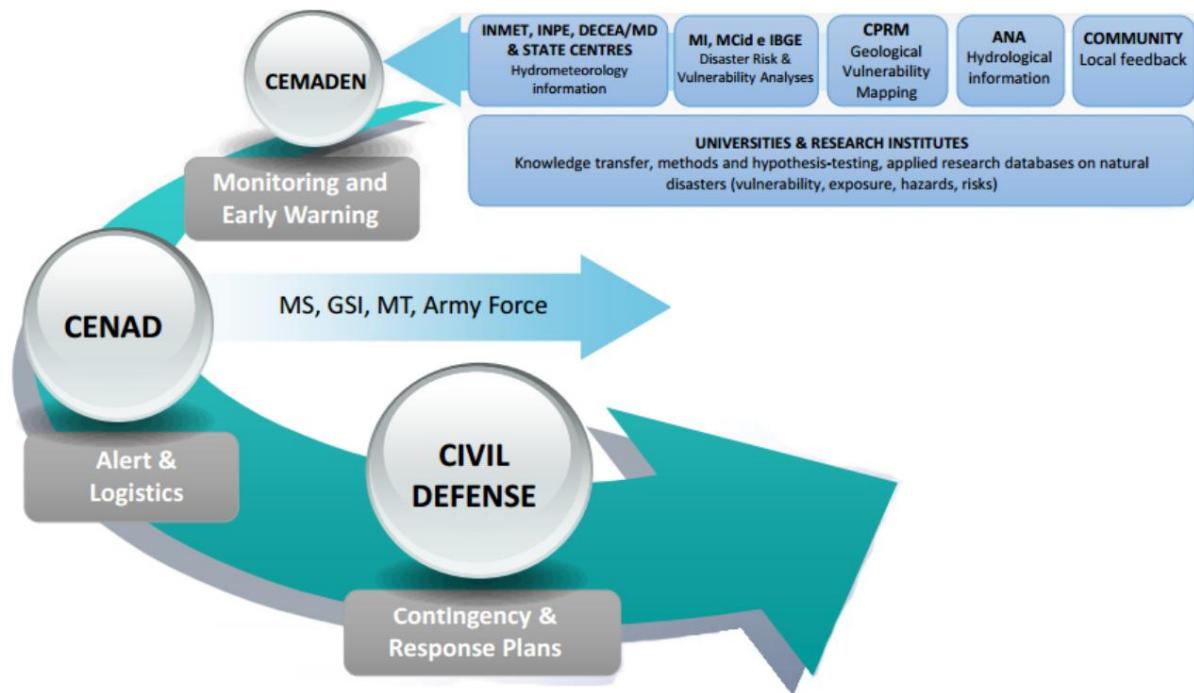


Figura 3 – Estratégia Nacional Brasileira para Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais.

Adaptado de <<https://goo.gl/dTAmBg>>.

Este projeto está particularmente interessado na área de “Monitoramento e Alerta Prévio”, que abrange as tarefas desenvolvidas pelo Centro Nacional de Alerta Prévio e Monitoramento de Desastres Naturais (Cemaden)². Fundado em 2011, o objetivo deste centro é prever a ocorrência de um desastre natural com base nos dados fornecidos pelos sistemas de monitoramento de

¹ <<https://goo.gl/Z4t0fA>> <<http://www.cemaden.gov.br/>>

² <www.cemaden.gov.br/>

diferentes instituições (por exemplo, dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas). Também é responsável por comunicar o risco de um desastre ao Centro Nacional de Gestão de Riscos de Desastres (CENAD), que então notifica os órgãos de resposta (por exemplo, Exército e Defesa Civil). Dado o alto volume de dados, o centro vem enfrentando problemas estruturais no que diz respeito ao entendimento da tomada de decisão das equipes de monitoramento, bem como de como os dados disponíveis podem atender aos requisitos dos usuários-alvo. Também precisa adotar uma abordagem que envolva a integração de todos os dados fornecidos pelos sistemas de monitoramento disponíveis (por exemplo, pluviômetros e estações hidrológicas).

Finalmente, todos esses importantes fatores motivadores que surgiram tanto da literatura e prática levaram às seguintes declarações de problemas, que este projeto procura abordar.

ÿ **A visualização e integração de fontes heterogêneas de big data geoespacial para apoiar a tomada de decisão:** a maioria das informações essenciais para apoiar a tomada de decisão é obtida de fontes de dados heterogêneas, e geralmente é compartilhada sem cumprir os padrões de interoperabilidade ou uma relação que está sendo formada com eles.

Como resultado, há uma quantidade significativa de informações úteis que são extremamente difíceis para os tomadores de decisão responsáveis integrarem e visualizarem.

ÿ **A compreensão das necessidades de informação dos tomadores de decisão e sua conexão com as fontes de dados:** embora os estudos existentes sobre tomada de decisão baseada em dados ou o uso de big data para tomada de decisão tenham abordado questões importantes, eles não forneceram um método para estabelecer um vínculo com as informações necessárias para a tomada de decisão e fornecer um modelo representativo que descreva esse vínculo. Além disso, eles também não fornecem um método que possa ser empregado para melhorar a tomada de decisão ou estabelecer sistemas de apoio à decisão. Isso é particularmente importante para fornecer informações que possam atender aos requisitos dos tomadores de decisão.

À luz de todos esses desafios, a próxima seção delineia os objetivos deste projeto, bem como suas questões de pesquisa.

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta tese é desenvolver uma abordagem para melhorar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo por meio do uso de sistemas de apoio à decisão espacial e informações geográficas voluntárias na gestão de desastres. Neste contexto, esta tese procura responder à seguinte questão de investigação:

RQ) Como a integração de fontes de dados heterogêneas pode contribuir para a melhoria da tomada de decisão?

O termo “integração” aqui é entendido como a combinação de dados fornecidos por diferentes fontes, bem como a visualização dos dados integrados em uma visão simples e unificada. No entanto, o foco desta tese não está nem em teorias de banco de dados (por exemplo, modelo de dados, design de banco de dados, etc) ou em técnicas de mineração de dados/ciência de dados, mas sim no desenvolvimento (ou aprimoramento) de arquiteturas de software para lidar com as idiossincrasias na coleta, combinação, compartilhamento e visualização de dados. Isso compreende a compreensão não apenas dos requisitos do sistema (por exemplo, os componentes e tecnologias essenciais) e os requisitos do usuário (por exemplo, informações, decisões e atividades necessárias), mas também de como os sistemas de apoio à decisão devem ser projetados para apoiar efetivamente a tomada de decisões. (por exemplo, apresentando as informações necessárias no momento certo).

Ao abordar a questão de pesquisa, os principais objetivos deste projeto são descritos a seguir:

1. Revisão da literatura existente sobre o uso de VGI e SDSS para gestão de desastres.

primeiro visamos investigar a literatura existente sobre o uso de VGI na gestão de desastres; por exemplo, para entender em quais fases do gerenciamento de desastres, informações voluntárias foram usadas. Além disso, também buscamos entender as razões pelas quais as informações voluntárias foram utilizadas, bem como os tipos de informações existentes que estão disponíveis. Ao analisar os resultados obtidos, será possível descobrir se existem lacunas graves na literatura.

2. Definição de uma arquitetura conceitual para integração de fontes de dados heterogêneas

e suporte à tomada de decisão. apresentamos e avaliamos uma arquitetura conceitual que integra dados fornecidos por fontes de dados heterogêneas (por exemplo, sensores in-situ e informações voluntárias). Espera-se que isso possa fornecer informações mais precisas para apoiar a tomada de decisão. Ao avaliar esta abordagem, pretendemos empregar a arquitetura em um cenário real de gerenciamento de risco de inundações em São Carlos.

3. Definição de um framework baseado em modelo para descrever a conexão entre a tomada de decisão e as fontes de dados. Com base nos resultados obtidos na revisão da literatura e na arquitetura conceitual, planejamos estabelecer uma estrutura baseada em modelo que descreva a conexão entre as tarefas dos tomadores de decisão e as decisões baseadas em fontes de dados emergentes. Como resultado, espera-se que este modelo defina elementos conceituais essenciais para o estabelecimento desse tipo de conexão, por exemplo, tarefas, decisões e requisitos de informação. A utilidade e eficácia do modelo são avaliadas em um estudo de caso para modelagem do monitoramento de variáveis ambientais e tarefas de alerta precoce de um centro brasileiro de alerta precoce.

4. Desenvolvimento de princípios de projeto para SDSS de ambientes dinâmicos com fontes de dados geoespaciais heterogêneas. Com a ajuda do framework baseado em modelo e arquitetura conceitual, nosso objetivo é estabelecer e avaliar um conjunto de princípios de design que devem ser

observado para permitir que um SDSS apoie efetivamente a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. Além disso, esses princípios são essenciais para atender aos requisitos dos tomadores de decisão nesses tipos de ambientes. A utilidade e eficácia de esses princípios são avaliados em um projeto de pesquisa colaborativa interorganizacional com um centro brasileiro de alerta precoce.

A próxima seção descreve a metodologia geral da pesquisa, bem como as principais contribuições. ções que foram feitas ao longo deste projeto.

1.4 Metodologia de Pesquisa e Resumo da Contribuição

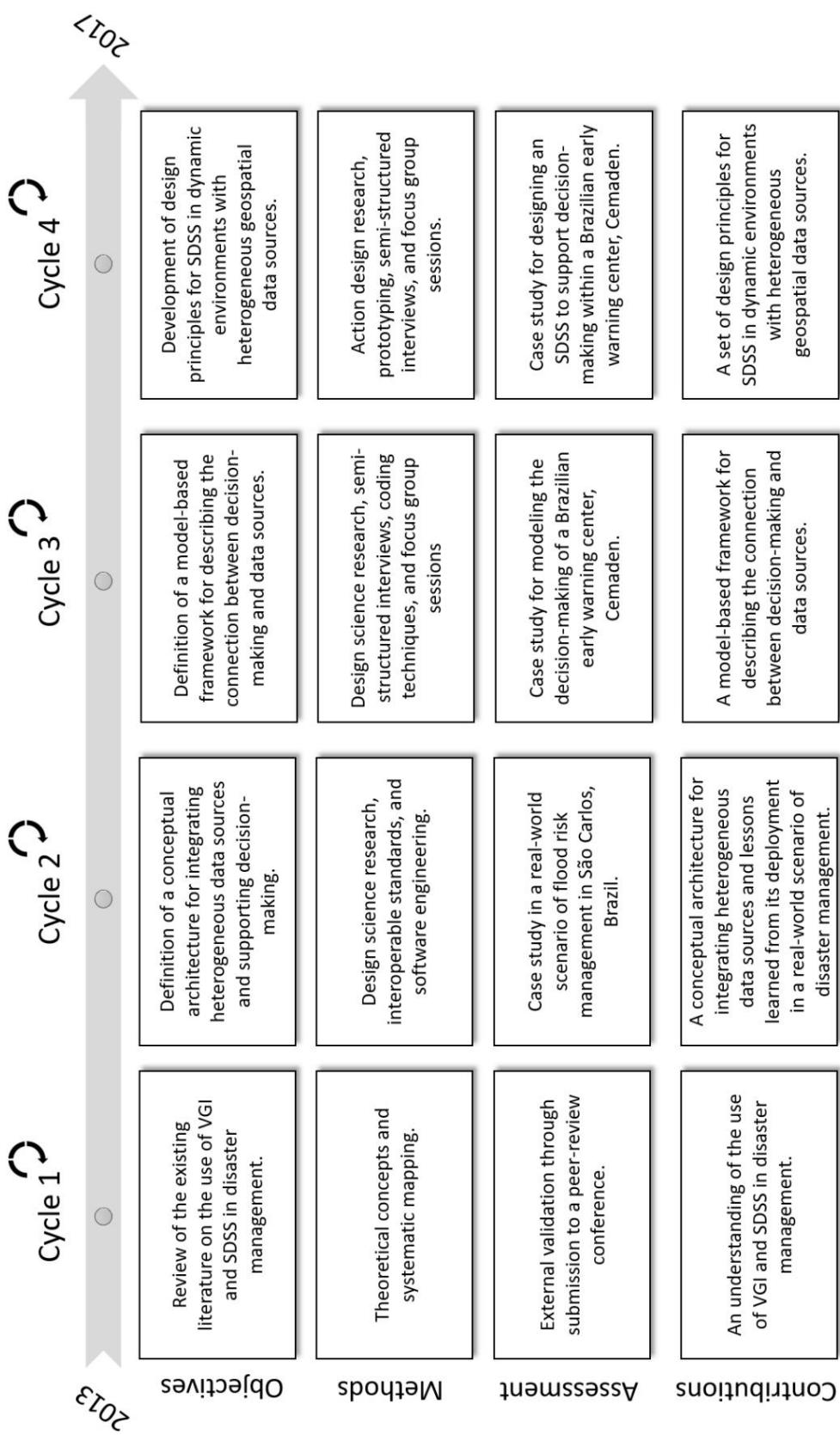
ções

À luz da questão de pesquisa discutida na seção anterior, esta tese pode ser considerada como uma combinação de estratégias de pesquisa exploratória e prescritiva. As razões são duas. Primeiramente, visa compreender tanto o uso do VGI quanto do SDSS para apoiar a tomada de decisão na gestão de desastres (o cenário representativo da tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo utilizado para esta tese), que é o objetivo da pesquisa exploratória, ou seja, “Para ganhar familiaridade com um fenômeno ou para obter novos insights sobre ele”. Além disso, também se preocupa em descrever um método para a construção de artefatos ou em introduzir os próprios artefatos. Este é o objetivo da pesquisa prescritiva, ou seja, pesquisa que “fornece uma descrição do método ou estrutura ou ambos para a construção de um artefato”

(KOTHARI; GARG, 2004; GREGOR, 2006). Vale ressaltar também que o uso dos artefatos na prática emprega estratégias exploratórias para subsidiar sua análise.

Esta tese então adotou uma mistura de abordagens qualitativas e quantitativas para atingir cada um dos objetivos individuais. Uma abordagem qualitativa está preocupada com a avaliação subjetiva dos dados coletados por meio do emprego de métodos empíricos (por exemplo, observações participativas e sessões de grupos focais) para entender um fenômeno particular. Esta avaliação é muitas vezes analisada através de métodos não estatísticos. Em contrapartida, uma abordagem quantitativa envolve a coleta de dados de forma quantitativa que podem ser analisados por meio de métodos estatísticos rigorosos (KOTHARI; GARG , 2004; ROBSON, 2011). Essas abordagens também desempenham um papel essencial na orientação deste projeto, definindo os métodos e técnicas necessários para a prototipagem do software, bem como para a coleta e análise de dados.

A Figura 4 mostra os métodos que foram empregados para atingir cada um dos objetivos e determinar as contribuições que eles fizeram. A metodologia de pesquisa foi separada em quatro ciclos essenciais de pesquisa em que as tarefas intermediárias envolveram um rigoroso processo de concepção, análise e avaliação dos resultados. O objetivo era não apenas consolidar os resultados obtidos, mas também garantir que eles pudessem ser generalizados.



O objetivo do Ciclo 1 foi investigar o uso de VGI e SDSS para gerenciamento de desastres. Isto foi abordado através da realização de dois diferentes Estudos de Mapeamento Sistemático (SMS). Um SMS adota uma abordagem sistemática e formal para identificar, analisar e avaliar os estudos existentes na literatura para dar uma visão geral de cada área temática ou tema (PETERSEN et al., 2008). Isso levantou questões sobre três itens essenciais de informação: a) em quais fases do gerenciamento de desastres a informação voluntária foi usada; b) em que tipos de desastres foi utilizado; ec) que tipos de métodos de pesquisa foram empregados nos trabalhos existentes. O estudo também ajudou a entender os benefícios potenciais da adoção da VGI no gerenciamento de desastres. Na avaliação dos resultados obtidos, seguiu-se as recomendações de (BRERETON et al., 2007). Assim, o mapeamento sistemático foi avaliado externamente por meio de sua submissão a uma conferência de revisão por pares, que posteriormente foi publicada e apresentada ao 19^a Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS) (HORITA et al., 2013).

O objetivo do segundo mapeamento sistemático foi entender como o SDSS tem sido usado para apoiar a tomada de decisão na gestão de desastres. O estudo começou procurando descobrir as razões pelas quais as informações voluntárias foram usadas e, em seguida, passou a definir os diferentes tipos de informações voluntárias. O estudo forneceu uma visão geral de como VGI e SDSS podem ser combinados para apoiar a tomada de decisões na gestão de desastres. Os resultados obtidos neste segundo mapeamento sistemático também foram avaliados externamente por meio de submissão a conferências de revisão por pares (BRERETON et al., 2007). No geral, o objetivo principal do Ciclo 1 foi fornecer uma compreensão clara das oportunidades para estudos futuros de pesquisa no que diz respeito ao uso de VGI e SDSS na gestão de desastres, ou seja, o uso combinado de VGI e dados de sensores, bem como a visualização de informações integradas (duas das lacunas mais importantes na pesquisa foram encontradas nestes SMS).

Ao abordar as oportunidades de pesquisa descritas no ciclo anterior, o Ciclo 2 tentou definir uma arquitetura conceitual que pode ser usada para integrar fontes de dados heterogêneas. Essa arquitetura também define um componente que auxilia na visualização de informações integradas . Isso envolveu o emprego de um método Design Science Research (DSR) para primeiro projetar o artefato (ou seja, a arquitetura conceitual) e depois avaliá-lo. Esse método é empregado para alcançar soluções práticas por meio do desenvolvimento de novos artefatos, em alguns casos com alto grau de abstração (GREGOR; HEVNER, 2013). Além disso, padrões de interoperabilidade (por exemplo, SOS) foram adotados para alcançar uma comunicação flexível entre as camadas da arquitetura. A avaliação envolveu o projeto de um protótipo SDSS que seguiu a arquitetura conceitual e sua implantação em um estudo de caso real de gerenciamento de risco de inundação em São Carlos, Brasil. Abrangeu a integração dos dados fornecidos por uma RSSF e um observatório cidadão, bem como a visualização da informação integrada num dashboard digital. A arquitetura conceitual desenvolvida para este estudo pode ser considerada uma valiosa contribuição para este projeto, bem como as lições aprendidas com sua implantação no estudo de caso. Esses resultados foram publicados na revista Computers & Geosciences (HORITA et al., 2015).

Outros resultados dos Ciclos 1 e 2 também forneceram evidências de que uma melhor compreensão de como as fontes de dados disponíveis poderiam ser usadas para atender aos requisitos de informação era importante para melhorar a tomada de decisões. O Ciclo 3 preocupou-se com a definição de uma estrutura baseada em modelo para descrever a conexão entre a tomada de decisão e as fontes de dados, que foi chamada de Modelo de Decisão e Estrutura de Notação com Consciência de Observação (oDMN+ Framework). Este quadro é composto por dois elementos essenciais. Primeiro, um modelo e notação multicamadas (oDMN+) que descreve os elementos conceituais para conectar as tarefas e decisões dos tomadores de decisão com as fontes de dados. Modelos e notações padrão (por exemplo, Notação e Modelo de Processo de Negócios, Notação e Modelo de Decisão e Observação e Medições) foram usados como base para o desenvolvimento do oDMN+. Em segundo lugar, houve um processo de modelagem, que visa orientar a forma como o oDMN+ é empregado na prática. Um DSR também foi realizado para apoiar o desenvolvimento dos artefatos (ou seja, oDMN+ e o processo de modelagem).

Além de ser avaliado, o framework foi empregado para modelar as tarefas de modelagem ambiental e alerta precoce no Centro Brasileiro de Monitoramento e Alerta Precoce de Desastres Naturais (Cemaden). Além disso, foi realizada uma série de entrevistas semiestruturadas e sessões de grupos focais com integrantes do centro (SEAMAN, 1999; SOBREPEREZ, 2008). A técnica de codificação também foi empregada para auxiliar na análise dos dados (SALDAÑA, 2015). O framework oDMN+ que conecta a tomada de decisão às fontes de dados é de fato a principal contribuição para a pesquisa feita neste estudo. Os resultados do estudo foram então compilados em um artigo e submetidos aos Sistemas de Apoio à Decisão (HORITA et al., 2017).

O Ciclo 4 foi baseado nos resultados dos ciclos anteriores e teve como objetivo desenvolver e avaliar um conjunto de princípios de design para orientar o desenvolvimento de um SDSS e aprimorar a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. Isso envolveu o emprego de um método Action Design Research (ADR) que “visa contribuir tanto para as preocupações práticas das pessoas em uma situação problemática imediata quanto para os objetivos das ciências sociais” (SEIN et al., 2011). O Cemaden foi novamente adotado como estudo de caso e para fornecer as configurações organizacionais para o desenvolvimento do projeto ADR. Dois ciclos interativos de projeto e análise foram seguidos com membros da sala de controle de monitoramento do centro. Primeiramente, foi realizado um conjunto de entrevistas semiestruturadas para a coleta de dados sobre a utilização de um SDSS dentro da sala. Uma série de problemas emergiu da análise dos dados coletados e isso levou à definição de uma questão de pesquisa e de uma hipótese de trabalho. No segundo ciclo do projeto ADR, essas definições (juntamente com o oDMN+) sustentaram os princípios de design que foram usados para projetar um protótipo SDSS que incorporasse os requisitos dos tomadores de decisão. O protótipo do SDSS foi então avaliado com membros da sala de controle de monitoramento por meio de uma série de sessões de grupos focais e entrevistas individuais semiestruturadas. A análise dos dados coletados ajudou a refinar e consolidar os princípios de design e esta foi uma característica valiosa deste projeto, pois pode de fato apoiar o design de um SDSS que melhora a tomada de decisão com fontes de dados geoespaciais heterogêneas na gestão de desastres.

Em resumo, a abordagem geral combina todas as três últimas contribuições que foram feitas neste projeto e ajudou a responder à nossa pergunta geral de pesquisa. Primeiro, há uma arquitetura conceitual que permite a integração de fontes de dados heterogêneas, bem como as lições aprendidas de sua implantação em um cenário real de gerenciamento de desastres. Em segundo lugar, isso é complementado por uma estrutura baseada em modelo que descreve a conexão da tomada de decisão com as fontes de dados apropriadas. Finalmente, há um conjunto de princípios de design que devem ser observados para garantir que um SDSS possa efetivamente apoiar a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. Além disso, deve-se notar que a abordagem pode funcionar no Brasil com base na definição fornecida pela Estrutura de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015–2030, que recomenda o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce adaptados às necessidades dos usuários e uso de dados confiáveis do conhecimento local e sistemas de monitoramento.

Uma vez que este projeto faz parte de um projeto de pesquisa maior, a próxima seção descreve os antecedentes em que o projeto de pesquisa geral é realizado. Também inclui outros projetos que foram afetados pelos resultados deste projeto.

1.5 Contexto de Pesquisa

Este projeto faz parte de um projeto de pesquisa denominado AGORA - A Geospatial Open collaborative Architecture for Building Resilience against Disasters and Extreme Events (ALBUQUERQUE; ZIPF, 2012), que vem sendo desenvolvido por um grupo de pesquisa interdisciplinar formado por pós-doutorandos, assistentes de pesquisa , assistentes de pesquisa de pós-graduação, assistente de graduação e cientistas e professores visitantes. AGORA é coordenado pelo Prof. Dr. João Porto de Albu querque do Instituto de Matemática e Ciência da Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP) no Brasil e Prof. Dr. Alexander Zipf do Grupo de Pesquisa GIScience da Universidade de Heidelberg na Alemanha.

O AGORA propõe uma arquitetura colaborativa inspirada no grego Agorá (literalmente, “local de encontro”), lugar nas antigas cidades-estados gregas que eram o centro da vida artística, atlética, espiritual e política (ALBUQUERQUE; ZIPF, 2012). Este lugar é então considerado o berço da democracia. Em nosso contexto, o AGORA é usado como inspiração para referenciar uma arquitetura transdisciplinar responsável por reunir organizações e indivíduos, permitindo que eles tragam suas ofertas e demandas de informações para uma plataforma comum usando tecnologias web 2.0, ou seja, o AGORA combina um conjunto de dados heterogêneos que são fornecidos por sensores, voluntários e agências oficiais, e desenvolve mecanismos (por exemplo, sistemas de previsão e alerta, monitoramento de inundações em tempo real, processos de negócios e modelos de referência) que podem ser usados para apoiar as decisões da população em geral e do governo (incluindo locais tomadores de decisão, gestão de desastres e agências de emergência). Portanto, o AGORA não apenas fornecerá interfaces de suporte à decisão para os tomadores de decisão, mas também disponibilizará os dados de valor agregado abertamente de maneira padronizada. Desta forma, AGORA produz um ecossistema

para lidar com as necessidades em constante mudança de monitoramento ambiental participativo e construção de resiliência contra desastres e eventos extremos, conforme mostrado na Figura 5.

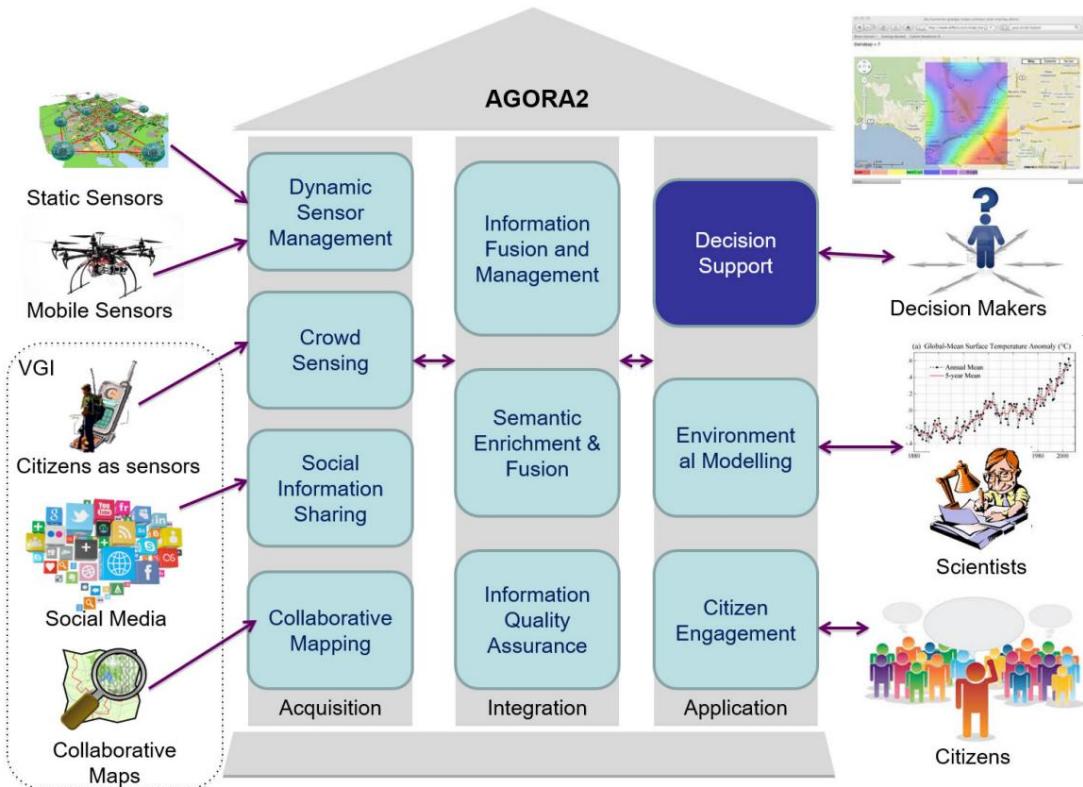


Figura 5 – Contexto global deste projeto. Adaptado de Albuquerque et al. (2017)

Para atingir seus objetivos, o AGORA consiste em três pilares essenciais: (1) Aquisição, (2) Integração e (3) Aplicação. O pilar Aquisição define um conjunto de componentes que é responsável por coletar dados fornecidos de diferentes fontes de dados (por exemplo, Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), plataformas de mapeamento colaborativo e plataformas de mídia social) e compartilhá-los usando protocolo padrão (por exemplo, SOS ou WFS). Todos esses dados compartilhados estão integrados ao pilar Integração. Esse pilar também é responsável por avaliar a qualidade dos dados, além de fornecer desenvolvimentos para enriquecimento semântico e fusão de informações. Além disso, o pilar Aplicação utiliza os dados fornecidos pelo pilar Integração com o objetivo de apoiar a tomada de decisões de diferentes instituições (por exemplo, defesa civil e órgãos de emergência), auxiliando outros pesquisadores com dados mais precisos e de alta qualidade para seus trabalhos e, finalmente, alcançando um melhor envolvimento dos cidadãos criando mapas de risco, sistemas de alerta precoce e plataformas de coleta de dados. Assim, o AGORA através deste conjunto de pilares e seus componentes é o lugar virtual onde diferentes especialistas/pesquisadores e outras partes interessadas podem fornecer questões relevantes trazendo suas múltiplas perspectivas para definir problemas que devem ser resolvidos, por exemplo, para construir resiliência contra inundações, principalmente com foco em subsidiando os esforços de preparação e redução

Os resultados deste projeto contribuem para o desenvolvimento do componente “Apoio à Decisão” do pilar Aplicação do AGORA. Este componente visa projetar e desenvolver abordagens que possam ser empregadas por organizações de emergência para apoiar (ou

provando) sua tomada de decisão. Essas abordagens podem ser técnicas inovadoras de visualização de informações , novos modelos para representar elementos do mundo real e seus relacionamentos, ou arquiteturas modernas de sistemas de informação. Para isso, devem levar em consideração os dados integrados e de alta qualidade fornecidos por fontes de dados heterogêneas (por exemplo, sensores e informações voluntárias) e requisitos particulares dos tomadores de decisão. Os resultados aqui obtidos também trazem contribuições relevantes para os seguintes projetos de pesquisa que estiveram associados a este projeto:

ÿ Prof. Dr. João Porto de Albuquerque – ICMC/USP

[FAPESP 2012/18675-1] Arquitetura colaborativa aberta geoespacial para a construção de resiliência contra desastres e eventos extremos (AGORA).

[MICROSOFT] AGORA-CLOUD: Aplicando o paradigma de computação em nuvem com a plataforma Azure para dar suporte a uma arquitetura colaborativa geoespacial aberta para construir resiliência contra desastres e eventos extremos.

[CAPES 12065-13-7] Uma Arquitetura Colaborativa Aberta Geoespacial para Aumentar a Resiliência contra Inundações.

[CAPES 88887.091744/2014-01] CAPES Pró-Alertas CEPED-USP.

ÿ Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiondo – EESC/USP

[FAPESP 2008/58161-1] Avaliação de Impactos e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas no Brasil e Estratégias de Opções de Adaptação (FAPESP-IVA).

ÿ Prof. Dr. Jó Ueyama – ICMC/USP

[CIA^2] Construindo Cidades Inteligentes: Da Instrumentação de Ambientes ao Desenvolvimento de Aplicação, RIO (Monitoramento de Rios Urbanos).

ÿ Prof. Dr. Carlos Eduardo Pereira – PPGEE/UFRGS

[Universal CNPq 477499/2012-0] Rede de Sensores Utilizando Veículos Aéreos Sem Fio e Não Tripulados em Sistemas de Apoio a Operações de Busca e Salvamento em Situações de Desastre.

A próxima seção apresenta a organização desta tese e a estrutura de seus capítulos.

1.6 Esquema da Tese

O restante desta tese está estruturado da seguinte forma. O Capítulo 2 fornece uma visão geral dos conceitos essenciais subjacentes a esta tese. O gerenciamento de desastres é introduzido pela primeira vez através de uma descrição de suas principais fases e tarefas relacionadas. Em seguida, são estabelecidos os fundamentos do SDSS , ou seja, o conceito de sistemas de apoio à decisão, a arquitetura e as características de um

SDSS e os painéis digitais. O capítulo também caracteriza big data e VGI, além de apresentar os modelos de negócios empregados neste projeto e descrever suas notações principais.

O Capítulo 3 fornece uma revisão da literatura existente sobre o uso de VGI e SDSS para gerenciamento de desastres. Este consiste em dois mapeamentos sistemáticos distintos. Primeiramente, foi realizada uma investigação com o objetivo de entender o uso de VGI e crowdsourcing na gestão de desastres. Depois disso, outra investigação foi realizada para coletar evidências sobre o uso do SDSS para gerenciamento de desastres. Esses mapeamentos sistemáticos foram essenciais para detectar eventuais lacunas na literatura existente.

O Capítulo 4 apresenta uma arquitetura conceitual para integrar fontes de dados heterogêneas e visualizá-las em um SDSS. Emprega padrões interoperáveis para garantir a integração das informações e, assim, torna a arquitetura flexível o suficiente para suportar a inclusão de diferentes recursos. Além disso, as informações integradas são exibidas em um painel digital que pode subsidiar a tomada de decisões. As lições aprendidas com o emprego da arquitetura em um cenário real de gestão de risco de inundação em São Carlos também são descritas.

O Capítulo 5 apresenta o Modelo de Decisão e Estrutura de Notação (oDMN+ Framework) sensível à observação, que compreende dois elementos essenciais: (1) um modelo e notação multicamadas para descrever a conexão entre as tarefas dos tomadores de decisão e as decisões com as fontes de dados; e (2) um processo de modelagem que define um conjunto de atividades para obter elementos conceituais dos tomadores de decisão e aplicar o oDMN+ na prática. Há também um exame detalhado dos resultados obtidos com o emprego do framework para modelagem das tarefas de modelagem ambiental e alerta precoce de um centro brasileiro de alerta precoce.

O Capítulo 6 descreve um conjunto de princípios de design para orientar o desenvolvimento do SDSS para a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. Dois projetos interativos e ciclos analíticos foram realizados no contexto de monitoramento e alerta precoce dentro de uma agência de emergência brasileira. Os resultados obtidos com a avaliação na prática também são descritos.

O capítulo 7 resume as considerações finais deste projeto, bem como delineia as principais contribuições que foram alcançadas ao longo do projeto e faz algumas recomendações para trabalho futuro.



FUNDO

2.1 Visão geral

Este capítulo apresenta os principais conceitos básicos que são essenciais para o desenvolvimento desta tese. A Seção 2.2 apresenta a definição, fases e atividades do gerenciamento de desastres.

A seção 2.3 apresenta os principais conceitos em torno dos sistemas de apoio à decisão espacial. Esta seção também apresenta os painéis digitais. A seção 2.4 descreve as definições de big data, bem como sua caracterização e associação com dados geoespaciais heterogêneos. A Seção 2.6 apresenta os modelos de negócios empregados neste projeto e também descreve suas notações principais.

2.2 Gestão de Desastres

Nos últimos anos, tem-se observado um crescimento na ocorrência de desastres naturais em todo o mundo, os que afetaram Haiti, Chile e Paquistão em 2010, Queensland em 2010-11, Japão e Christchurch em 2011, EUA em 2012 e Filipinas em 2013 são alguns deles. Os danos causados às Filipinas são estimados em cerca de 7.000 mortes e US\$ 2,86 bilhões, foi a pior e mais mortífera tempestade que afetou o país (dados do EM-DAT¹).

Um desastre natural ocorre quando uma comunidade é atingida por um perigo e as perdas e impactos financeiros, sociais e estruturais são tão grandes que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de lidar com seus próprios recursos (LONGUEVILLE et al., 2010b). Além disso, pode ser descrito como uma combinação de três elementos: exposição a um perigo, a vulnerabilidade atual e capacidade de lidar com os impactos (UNISDR, 2009), ou seja, o desastre é determinado por um perigo natural (por exemplo, uma inundação) que afetou e trouxe diversos prejuízos para uma comunidade exposta (por exemplo, prédios localizados próximos a áreas críticas de inundação); vulnerabilidade pode ser definida pelo

¹ Banco de Dados Internacional de Desastres, Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres - CRED. <http://www.emdat.be/>.

características estruturais e econômicas da população suscetível a efeitos danosos (por exemplo, sistema de drenagem deficiente); e as infraestruturas de prevenção (por exemplo, rotas de evacuação) (BIRD/IDA, 2013).

Essas ocorrências crescentes têm destacado a necessidade de adoção de medidas para aumentar o poder de resiliência, mudança e adaptação das comunidades afetadas (MENDIONDO, 2010; BAHARIN; SHIBGHATULLAH; OTHMAN, 2009; POSER; DRANSCH, 2010; NORRIS et al., 2008) . . Nesse contexto, a gestão de desastres apresenta-se como uma importante alternativa para alcançar essa resiliência e, como consequência, evitar ou, pelo menos, reduzir os impactos causados por desastres naturais (BAHARIN; SHIBHATULLAH; OTHMAN, 2009). Em geral, é um processo contínuo composto por uma série de atividades diferentes executadas antes, durante e após um evento e separadas em quatro fases principais: mitigação, preparação, resposta e recuperação, conforme mostrado na Figura 6.



Figura 6 – Gestão de desastres.

Adaptado de Poser & Dransch (2010).

Uma vez que cada fase da gestão de desastres consiste em atividades diferentes, estas são descritas a seguir:

1. **Mitigação:** as atividades desta fase estão focadas em três objetivos (POSER; DRANSCH, 2010; VIVACQUA; BORGES, 2012): (a) reduzir a probabilidade de futuros desastres naturais, (b) minimizar a vulnerabilidade das comunidades, e (c) reduzindo os impactos de eventos futuros. A eficácia e o sucesso dessas atividades dependem de várias informações disponíveis, como mapas de risco, limites, condições dos edifícios e previsões. Alguns exemplos de atividades nesta fase são a prevenção técnica e o ordenamento do território.
2. **Preparação:** na fase, são realizadas diversas atividades que visam reduzir os danos causados por um desastre. Também visa planejar e definir a resposta adequada

ações (POSER; DRANSCH, 2010; VIVACQUA; BORGES, 2012). Algumas atividades desta fase são o monitoramento e o alerta precoce.

3. **Resposta:** esta fase implanta atividades após um desastre (POSER; DRANSCH, 2010). Estes visam gerenciar o impacto de um evento, proteger comunidades, obras de capital (AHMAD; SIMONOVIC, 2006). Além disso, são executadas atividades de reação, como evacuação e ações humanitárias (por exemplo, aquisição e alocação de recursos). Outras atividades são ajuda humanitária, busca e salvamento e medidas de evacuação.
4. **Recuperação:** nesta fase, as atividades visam apoiar as comunidades afetadas no retorno à sua vida normal (AHMAD; SIMONOVIC, 2006). Estes são então focados na reparação, reconstrução e recuperação dos impactos causados por um desastre (POSER; DRANSCH, 2010). Políticas de longo prazo e estratégias de mitigação também podem ser definidas com o objetivo de tornar a comunidade mais bem preparada em caso de novos eventos (SIMONOVIC, 1999). Portanto, essa fase pode durar dias, semanas, meses ou até muitos anos, dependendo dos impactos causados pelo evento.

O monitoramento de diferentes variáveis (por exemplo, estruturais, ambientais e sociais) na gestão de desastres é particularmente crucial para reduzir os impactos de um desastre. Isso ocorre porque as instituições de emergência podem identificar um evento potencial por meio dos sistemas disponíveis e, em seguida, emitir um alerta antecipado às instituições de socorro em desastres, como proteção civil, equipes humanitárias ou equipes de solo. No Brasil, o Plano Nacional de Gestão de Desastres e Resposta a Desastres Naturais define que essas duas tarefas (ou seja, monitoramento e alerta precoce) estão no escopo das atividades realizadas pelo Cemaden. O centro utiliza sistemas de diferentes organizações para apoiar essas tarefas (por exemplo, INPE ou ANA), além de possuir sistemas próprios. Outros sistemas utilizados são as plataformas colaborativas (por exemplo, observatórios cidadãos (DEGROSSI et al., 2014) e aplicativos móveis (LINK et al., 2015)) que poderiam complementar os sistemas tradicionais com dados atualizados e precisos (GOODCHILD, 2007).

2.3 Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão

2.3.1 Sistemas de Apoio à Decisão

O Sistema de Apoio à Decisão (DSS) é um sistema computacional que visa apoiar a tomada de decisão com resolução de problemas semiestruturados ou não estruturados, ou seja, este sistema fornece recursos tecnológicos para auxiliar na parte estruturada de uma decisão, mas ainda necessita da avaliação de um decisor para lidar com a parte semiestruturada ou não estruturada (SHIM; FONTANE; LABADIE, 2002). Por isso, nasceu utilizando conceitos teóricos de tomada de decisão empresarial (eg, gestão da informação) e trabalhos tecnológicos (eg, ferramentas de visualização e optimização de bases de dados) mas juntamente com as outras do ano, as disciplinas também contribuíram

para seu aprimoramento, por exemplo, gestão do conhecimento e inteligência artificial (POWER, 2004; HOSACK et al., 2012).

Em termos de apoio à tomada de decisão, durante a fase de inteligência em que o decisor recolhe a informação necessária e observa os problemas existentes ou novas oportunidades, o SAD disponibiliza recursos tecnológicos que facilitam a análise desta informação (por exemplo, ferramentas de visualização) (ER , 1988). Por meio dos modelos especialistas ou técnicas analíticas definidas no SAD, pode apoiar o tomador de decisão no exame do problema ou oportunidade descoberto na fase de projeto (MORA et al., 2003; SPRAGUE; CARLSON, 1982). Esse modelo normalmente é composto por alternativas de decisão, critérios e relação numérica entre as variáveis (MORA et al., 2003). Por fim, ao longo das próximas duas fases (Implementação e, mais recentemente, Aprendizagem), o SAD possibilita a análise de consequências, monitoramento e registro de resultados, e a compreensão do potencial próximo problema/oportunidades (MORA et al., 2003).). Em resumo, a seguinte lista das características do DSS são descritas por Sprague & Carlson (1982):

ÿ Este sistema tende a ser voltado para o problema menos bem estruturado e subespecificado que gerentes de nível superior normalmente enfrentam;

ÿ Este sistema tenta combinar o uso de modelos ou técnicas analíticas com funções de acesso e recuperação de dados;

ÿ Este sistema se concentra especificamente em recursos que os tornam fáceis de usar por não-computadores pessoas em modo interativo;

ÿ Este sistema enfatiza flexibilidade e adaptabilidade para acomodar mudanças no ambiente mento e a abordagem de tomada de decisão do usuário.

Para atingir essas características, o SAD é composto de pelo menos três componentes importantes: (i) recursos de gerenciamento de banco de dados com acesso a dados internos e externos (ii) funções de modelagem poderosas acessadas por um sistema de gerenciamento de modelos e (iii) -designs de interface de usuário amigáveis e comprehensíveis que permitem consultas interativas, relatórios e gráficos gráficos (SHIM; FONTANE; LABADIE, 2002). Nesse contexto, a interatividade e integração nos recursos tecnológicos disponibilizados são de extrema importância, pois os tomadores de decisão devem ser capazes de utilizar modelos, análise de dados, ferramentas de consulta e relatórios e processamento analítico online (OLAP) em tempo real (HOSACK et al. ., 2012). Por outro lado, este facto também contribui para a utilização destes sistemas de informação por utilizadores não especialistas. Juntos, esses componentes são capazes de apoiar a tomada de decisão por meio de um conjunto de recursos tecnológicos, como análises em tempo real, gerenciamento de desempenho, fornecendo uma visão utilizável do que os dados contêm e garantindo que os tomadores de decisão possam obter insights de seus questões ad hoc (HOSACK et al., 2012).

Devido a essa variedade de recursos e aplicação potencial, esses sistemas podem ser categorizados em Sistemas de Apoio à Decisão Pessoal (PDSS), Sistemas de Suporte de Grupo (GSS),

Sistemas de Suporte à Negociação (NSS), Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão (IDSS), DSS Baseado em Gerenciamento de Conhecimento (KMDSS), Data Warehousing (DW) e Sistemas de Relatórios e Análises Empresariais (ver (ARNOTT; PERVAN, 2008)). Assim, eles têm sido utilizados para diversos fins de tomada de decisão: gestão de recursos hídricos (GONGQUAN; KEYAN, 2011; GU; TANG, 2000), serviços logísticos (WANG; LI, 2013), gestão de emergências (NEVILLE et al., 2013) , e gestão organizacional (SAMBAMURTHY; DESANCTIS, 1990).

Além disso, no gerenciamento de inundações, o DSS pode apoiar as tarefas de tomada de decisão por formados em suas fases, por exemplo, quando é necessário realizar simulações e criar cenários para analisar o uso do solo ao redor da calha do rio, criar e executar rotas de evacuação, abrigos e distribuir estrategicamente reservatórios, construir diques e barreiras, mapear ocorrência de doenças para auxiliar no seu controle e otimizar o direcionamento dos recursos disponíveis durante a fase de gerenciamento de emergência. No entanto, em todos esses casos, a configuração geográfica é importante, pois auxilia na melhor visualização e análise das variáveis relacionadas (BILLA et al., 2006). Por isso, os SDSS são importantes para incorporar o contexto espacial no DSS (RUSHTON, 2001).

2.3.2 Caracterização dos Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão

A posição geográfica ou o contexto são frequentemente usados pelas pessoas quando estão fazendo decisões (RUSHTON, 2001), por exemplo, escolhemos a alternativa mais rápida durante a seleção da rota ou, em caso de desastre a identificação em um contexto geográfico, de recursos mais próximos da área afetada são importantes na definição de sua alocação porque vidas poderiam depender desse material. Quando este fato se estende à gestão organizacional, vários outros componentes geográficos podem ser observados e analisados até a tomada de decisão, distribuição do cliente, critérios de marketing e alocação logística (CROSSLAND; WYNNE; PERKINS, 1995). Adicionalmente, em todos estes casos, os sistemas de informação desempenham um papel importante não só para armazenar a informação espacial com a sua relação, mas também para processá-la e exibi-la numa ferramenta de visualização, estas são algumas das funcionalidades apresentadas nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

SIG são sistemas que fornecem recursos para armazenar, manipular, analisar e exibir informações geograficamente distribuídas (DENSHAM, 1991; MITTEN; PARSONS, 2011). Para isso, normalmente são estruturados por meio de um banco de dados, capaz de armazenar dados espaciais, e uma ferramenta de visualização na qual é possível exibir as informações armazenadas, explorar entre os conjuntos de dados, apresentar gráfica e numericamente as áreas selecionadas e identificar localizações dentro um ambiente direcionado que atenda a critérios específicos (CROSSLAND; WYNNE; PERKINS, 1995). No entanto, quando esses sistemas são utilizados para apoiar a tomada de decisão associada a variáveis geográficas, Densham (1991) destacou alguns desafios importantes. Primeiramente, os bancos de dados SIG foram desenvolvidos para suportar a visualização cartográfica única, fato que dificulta o uso de modelagem analítica. Em segundo lugar, esses sistemas não apresentavam mecanismos que facilitassem e flexibilizassem a análise dos dados pelos tomadores de decisão. Por fim, as estratégias de tomada de decisão levam em conta as particu-

interpretação do decisor, ou seja, normalmente definem valores diferentes para variáveis e relações, porém, os SIG não foram projetados para suportar essa variação frequente.

Nesse contexto, os Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão (SDSS) são projetados para auxiliar um ou mais usuários no apoio à tomada de decisão em um contexto geográfico não estruturado ou semiestruturado (BILLA et al., 2006; KEENAN, 2003). Esses sistemas surgiram da combinação da funcionalidade dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com os processos e métodos dos Sistemas de Apoio à Decisão (DSS) (RUSHTON, 2001). Essa integração aconteceu por um lado, pela limitação dos pesquisadores em utilizar dados espaciais em SAD e, por outro, pela eficiência do SIG para armazenar e gerenciar dados geográficos, porém, sem mecanismos de apoio para auxiliar na tomada de decisão (HOSACK et. al., 2012). A Figura 7 apresenta a arquitetura comum do SDSS.

Os SDSSs são tipicamente compostos por (1) um sistema de banco de dados habilitado para gerenciar dados espaciais, (2) um modelo matemático ou especialista para auxiliar na previsão dos resultados das decisões (por exemplo, algoritmos de alocação de localização e decisão multicritério) e (3) uma interface gráfica de usuário para exibir relatórios tabulares para auxiliar na tomada de decisão (DENSHAM, 1991; CHANG; WAN; LEI, 2010) como foi nomeado, esses sistemas representam a integração de SIG e DSS (através do sistema de gerenciamento de modelos) . Dentre suas aplicações, a análise urbana (STOLBERG; ZIPF, 2008; RUIZ et al., 2012; SOLTANI; MONAVARI; MAHINY, 2011), planejamento de tráfego urbano (SANTOS; COUTINHO-RODRIGUES; ANTUNES, 2011; ATKINSON; CANTER, 2011) , controle de doenças (KELLY et al., 2012), reação e prevenção de acidentes (GUOXIANG; MAOFENG, 2010; SCHOOLEY et al., 2010), gestão de desastres (YONGSONG; SIUMING; KWOKKIT, 2010; CHEN; MORA; OUYANG, 2011) e gestão de cheias (SULAIMAN et al., 2012; LEVY et al., 2007; BILLA et al., 2006).

Conforme apresentado na próxima seção, tem crescido o uso de dashboards digitais como sistemas de informação, que dão suporte à tomada de decisão dos altos executivos apresentando as informações mais importantes necessárias ao seu contexto. Além disso, o uso de informações geográficas também é apresentado como um GeoDashboard (HORITA et al., 2014a).

2.3.3 Painéis Digitais

Um Painel Digital é um tipo de sistema de informação que está disponível para uso em uma única tela. Ele fornece as informações gerenciais mais importantes necessárias para apoiar as atividades estratégicas, como definição de metas, planejamento e previsão e acompanhamento do desempenho em estrita conformidade com os objetivos organizacionais (FEW, 2006; LIANG; MIRANDA, 2001). Além disso, pode ser entendido como um tipo de sistema de informação que normalmente é utilizado para apoiar decisões no nível estratégico das organizações (HOSACK et al., 2012). Nesses tipos de decisões, os sistemas ainda lidam com um grande número de parâmetros e relacionamentos, mas também tentam aliviar os efeitos de quaisquer parâmetros e relacionamentos desconhecidos ou mutáveis (HOSACK et al., 2012).

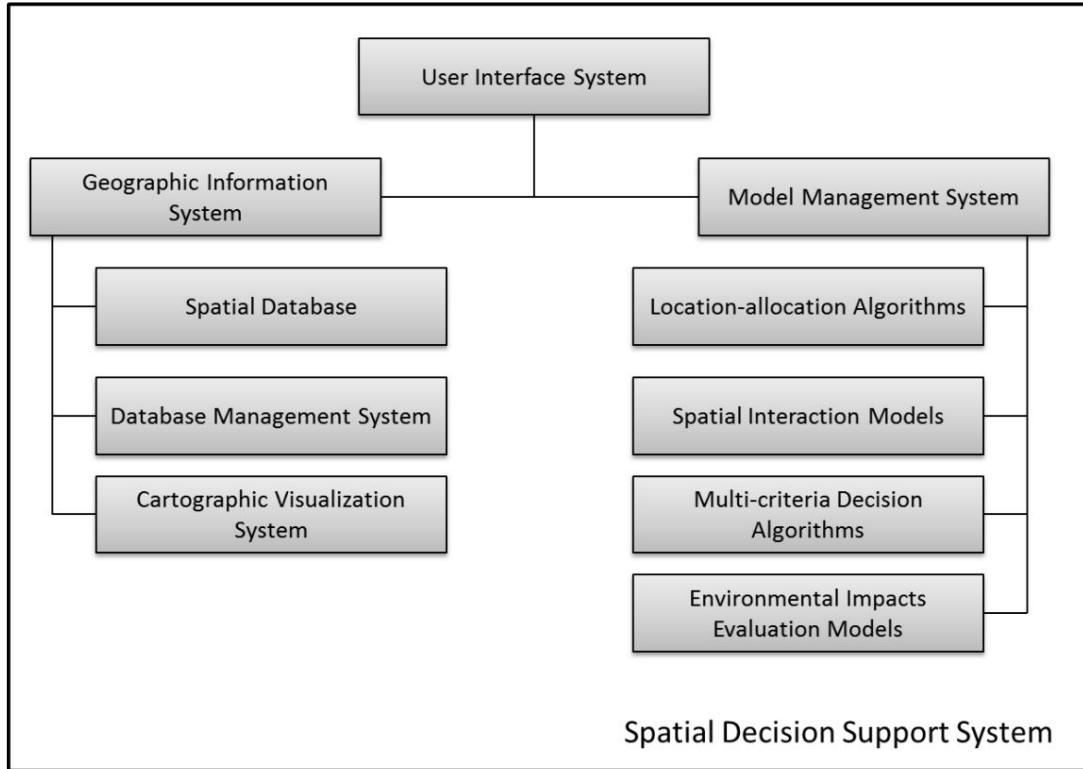


Figura 7 – Arquitetura do SDSS.

Adaptado de Rushton (2001).

Existem vários recursos essenciais que esses painéis digitais devem incluir para atingir seus objetivos. Em primeiro lugar, devem ser customizáveis e adaptáveis para que possam cumprir os objetivos específicos de seus usuários, por exemplo, os gestores. Além disso, caracterizam-se pelo uso de recursos de drill-down que proporcionam acesso rápido e permitem identificar a causa raiz de um problema (VASILIU, 2006). Por fim, devem fornecer uma visão geral de tudo o que está acontecendo atualmente no negócio por meio de gráficos simples, indicadores e recursos de previsão (VASILIU, 2006; LIANG; MIRANDA, 2001).

Exemplos de dashboards digitais podem ser encontrados em diversos campos de aplicação (MAHEN DRAWATHI; PRANANTHA; UTOMO, 2010; MITCHEL; RYDER, 2013). Com relação aos desastres, Zheng et al. (2010) produziram um conjunto de dashboards dinâmicos para fornecer uma visão rápida dos interesses do usuário, ou seja, o objetivo é prever a informação que é mais necessária para os diferentes usuários e exibir essa informação diretamente. Esses painéis fazem parte de um projeto que busca fornecer informações de recuperação de desastres para uma rede comunitária e melhorar a colaboração e a troca de informações. Bharosa et al. (2010) desenvolveram um painel que é usado para visualização de dados de indicadores-chave de desempenho para preparação para emergências de vários agentes. Com esse objetivo, eles realizaram um projeto de pesquisa-ação com o objetivo de avaliar os indicadores de desempenho de jogos de simulação com 36 gestores de agências de socorro. Os resultados da avaliação mostraram que a maioria dos participantes estava satisfeita com os dashboards e pretendia utilizá-los na prática. Horita et al. (2014a) detalham um GeoDashboard (Figura 8), que processa

fluxos de dados da RSSF e os disponibiliza na forma de um conjunto de indicadores.

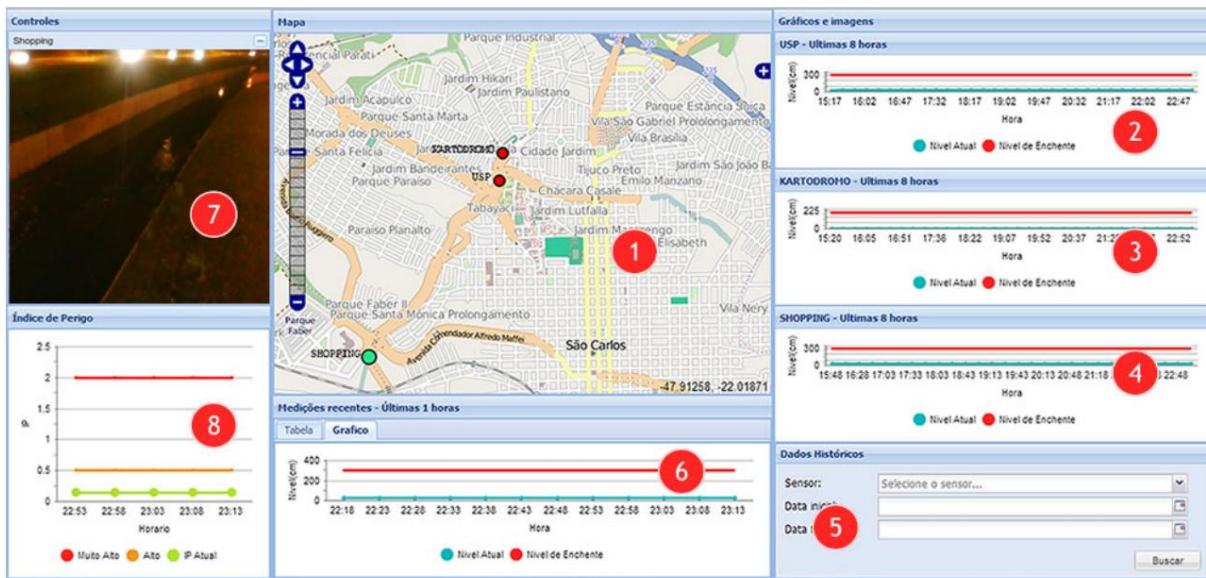


Figura 8 – Exemplo de GeoDashboard para monitoramento de risco de inundação.

Adaptado de Horita et al. (2014a).

Para a tomada de decisão no monitoramento do risco de inundação, o GeoDashboard apresenta as informações necessárias por meio de indicadores (Elementos 2, 3, 4 e 8), além de uma foto simples (Elemento 7) tirada na área crítica monitorada e uma mapa geoespacial. Por meio da manipulação dos pontos georreferenciados no mapa (círculos vermelhos), o decisivo pode analisar o estado atual das variáveis ambientais naquele local monitorado (HORITA et al., 2014a). Assim, este dashboard visa agilizar a tomada de decisão no monitoramento do risco de inundação.

2.4 Big Data

O interesse pela geração de dados e sua análise é muito antigo na área de informática e tecnologia de software. Praticantes e pesquisadores sempre olharam para os dados gerados com o objetivo de obter insights e apoiar sua tomada de decisão, por exemplo, para identificar um novo produto ou entender o comportamento de compra dos clientes. Em suma, todo esse interesse passou por três grandes fases (HURWITZ; NUGENT; HALPER, 2013). Em primeiro lugar, a geração de dados estruturados sobre as atividades diárias das empresas (ou seja, operações de transações) por meio de sistemas simples de planejamento de recursos empresariais na década de 70; por exemplo, todos os clientes compram um produto em um supermercado. Com o surgimento da Internet, a segunda fase compreendeu principalmente a geração de dados não estruturados, como áudios, vídeos e imagens, e não apenas documentos ou textos simples na década de 90. Blogs pessoais e sites corporativos têm sido utilizados neste contexto; no entanto, devido à complexidade da integração dos dados, seu gerenciamento e análise tornaram-se mais complicados. Isso se tornou ainda

complexo quando outras fontes de dados surgiram. Isso levou à última fase, que agora se refere a um grande volume de dados gerados para diferentes objetivos por meio de fontes de dados distintas; por exemplo, dados coletados por meio de plataformas de mídia social, tecnologias vestíveis e sensores in-situ para monitoramento de tráfego. Paralelamente, este progresso na geração e análise de dados foi acompanhado pela evolução das tecnologias existentes. Desde os sistemas de gerenciamento de banco de dados relacional local (RDBMS) que usam SQL para consultar poucos megabytes de dados, passando pela análise de dados não estruturados (por exemplo, imagens e áudio), até o uso recente de tecnologias altamente sofisticadas (por exemplo, processamento paralelo, arquivos distribuídos sistemas e NoSQL) para analisar um volume crescente de dados.

O termo “big data” surgiu neste contexto e possui múltiplas definições. Por exemplo, Hashem et al. (2015) definiram big data como “um conjunto de técnicas e tecnologias que requerem novas formas de integração para descobrir valores amplamente ocultos de grandes conjuntos de dados que são diversos, complexos e de grande escala”. Outros trabalhos definiram big data como um conjunto de um grande volume de dados que requer capacidades que vão além da capacidade da tecnologia de armazenar, gerenciar, processar e analisar dados de forma eficaz (MANYIKA et al., 2011; GROUP, 2011). Com esse pano de fundo, há um entendimento comum de que os dados disponíveis têm um grande potencial para melhorar a tomada de decisão e mudar o processo de negócios em diferentes negócios (GOPALKRISHNAN et al., 2012; WAMBA et al., 2015). As organizações, no entanto, precisariam de uma capacidade sólida e adequada para coletar, armazenar, processar e analisar grande volume de dados (DUMBILL, 2013).

Nesse contexto, diversos processos para o processamento desse grande volume de dados têm sido propostos na literatura. Hurwitz, Nugent & Halper (2013) definiram um processo composto pelas seguintes cinco atividades: capturar, organizar, integrar, analisar e agir. Além disso, um processo mais detalhado é fornecido por Misra et al. (2014) que é composto por sete tarefas: coletar, gerenciar, medir, consumir, armazenar e governar. Embora esses processos possam parecer apropriados e de certa forma simples, suas atividades têm várias questões intrínsecas que podem se transformar em um resultado negativo. A integração de dados é uma dessas questões cruciais. Isso acontece porque, como mencionado anteriormente, big data também se refere a dados não estruturados que podem exigir uma atividade de pré-processamento intensiva, sobrecarregada e complexa. Se não for feito corretamente, um resultado errado pode ser alcançado.

Devido ao potencial de obter insights valiosos de dados e apoiar a tomada de decisões, esses big data atraíram mais atenção nos últimos anos devido ao crescente interesse em ciência de dados e, portanto, mais pesquisas foram realizadas nessa área (PROVOST; FAWCETT, 2013; DUGGAN, 2014). Outro grupo de estudos busca analisar o uso de diferentes fontes de dados (por exemplo, servidor de dados externo e sensores) para apoiar a tomada de decisão em diferentes cenários (GOPALKRISHNAN et al., 2012; HORITA et al., 2014a; WAMBA et al. , 2015). Dentro deste grupo, Taylor et al. (2013) conceberam uma arquitetura de software para processamento e visualização de dados coletados de sensores enquanto Vera-Baquero, Colomo-Palacios & Molloy (2013) delinearam uma arquitetura para integração de dados de diferentes organizações que incluiu um servidor de dados para melhorar a análise da gestão do desempenho do negócio. Mensagens de mídia social também têm sido empregadas para apoiar tarefas organizacionais, como tendências de marketing (MALSBENDER et al., 2013; KURNIAWATI; SHANKS; BEKMAMEDOVA, 2013), desastres

gestão (IMRAN et al., 2014; DOLIF et al., 2013; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014) ou medir a satisfação do cliente (ROSEMANN et al., 2012). Por exemplo, Mandviwalla & Watson (2014) descreveram uma organização como uma mistura de capitais (humano, econômico, social, simbólico e organizacional); por exemplo, o capital econômico inclui recursos de capital financeiro, físico e manufaturado. Com base nisso, eles adotaram uma estratégia de mídia social para gerar esses capitais.

Várias definições têm sido usadas para descrever o que Big Data se refere. Da mesma maneira, alguns trabalhos existentes também caracterizaram esses dados pela intersecção dos quatro Vs seguintes:

ÿ **Volume:** Essa característica indica que big data se refere a um grande volume de dados que pode ser fornecido por diferentes fontes de dados e está em escala crescente. Isso também dificulta o gerenciamento e armazenamento desses dados, pois as organizações podem estar lidando com terabytes, petabytes ou mesmo exabytes de dados gerados (HASHEM et al., 2015). Por exemplo, há uma estimativa de que o universo digital aumentará de 130 exabytes para cerca de 40.000 exabytes até 2020 (GANTZ; REINSEL, 2012).

ÿ **Variedade:** Todos os big data muitas vezes são gerados em diferentes formatos, que podem ser estruturados ou não estruturados (O'LEARY, 2013). Os dados estruturados são mais facilmente manuseados porque não requerem processamento adicional para derivar seu significado, por exemplo, o nível da água de um rio ou o produto comprado por um cliente em uma loja. Em contrapartida, os dados estruturados são mais heterogêneos e requerem processamento adicional, ou seja, precisam ser caracterizados ou etiquetados de alguma forma, caso contrário, seu significado é desconhecido (GANTZ; REINSEL, 2012); por exemplo, áudio e fotos compartilhados em plataformas de mídia social. Para obter insights de big data, uma organização deve lidar eficientemente com essa variedade de formatos, bem como oferecer suporte a uma integração de dados apropriada.

ÿ **Velocidade:** Como os dados podem ser fornecidos por diferentes fontes, eles tendem a ser compartilhados em intervalos de tempo distintos. Por exemplo, as mensagens de mídia social podem facilmente alcançar todo o mundo em questão de segundos, enquanto as imagens de satélite meteorológicas são compartilhadas a cada 12 horas. Além disso, a velocidade do big data é um fator importante para os negócios, pois pode afetar a análise e o processamento de dados, bem como tornar o tomador de decisão mais rápido (MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012). Por exemplo, insights mais rápidos podem fornecer uma vantagem competitiva óbvia para analistas de Wall Street.

ÿ **Veracidade:** Várias fontes de dados podem ser usadas para gerar dados de sensores oficiais de monitoramento para blogs pessoais. Portanto, há uma necessidade intrínseca de avaliar continuamente a veracidade dos dados. Isso basicamente visa garantir que esses dados reflitam a veracidade e, assim, possam ser efetivamente utilizados para apoiar a tomada de decisão (HURWITZ; NUGENT; HALPER, 2013).

Essa definição de “4Vs” é difundida na literatura e na prática, embora outros “Vs” sejam constantemente usados para caracterizar big data; por exemplo, Chen, Mao & Liu (2014) indicam que big data deve ser caracterizado também quanto ao seu valor, ou seja, os insights gerados a partir de big data só são valiosos se fornecerem uma informação que não era conhecida pela organização.

Através do uso de GPS, GIS e sensoriamento remoto, os dados geoespaciais são um tipo valioso e hoje muito importante de big data. É porque esses dados podem ser potencialmente empregados para melhor compreensão do ambiente geral, dos sistemas urbanos e do comportamento das comunidades.

2.5 Informações Geográficas Voluntárias

O surgimento da Web 2.0 e a evolução dos dispositivos móveis tornaram-se a base para o surgimento de um novo paradigma, onde os usuários em geral (ou seja, os cidadãos) se estabelecem como produtores de dados e informações (NIKO et al., 2011). Curiosamente, todos esses dados e informações gerados, em muitos casos, são mais detalhados e de qualidade superior aos fornecidos por órgãos oficiais (GOODCHILD, 2007; ELWOOD, 2008; LONGUEVILLE et al., 2010b; OSTERMANN; SPINSANTI, 2011). Nesse contexto, Heipke (2010) propôs o termo “crowdsourcing” para esse fenômeno, que envolve a produção de conteúdo sendo realizada por um terceiro que é atribuído à inteligência e ao conhecimento. Baseia-se na experiência de voluntários, que são independentes na forma como utilizam o seu tempo livre e estão localizados em e diversas áreas.

Em um contexto semelhante, mas mais intimamente ligado às questões geográficas, Goodchild (2007) cunhou o termo Informação Geográfica Voluntária (VGI) para denominar esse fenômeno que foi definido como uma coleção de dados espaciais digitais produzidos por indivíduos e instituições não formais, ou seja, , por cidadãos comuns usando ferramentas apropriadas para coletar e divulgar seus pontos de vista e conhecimento geográfico na web. Como resultado, esses dados voluntários têm um alto potencial para ampliar e qualificar a quantidade de informações disponíveis sobre os eventos e experiências dos membros da comunidade para o desempenho de suas atividades (COLEMAN et al., 2009).

O VGI tem sido empregado por diversas plataformas tecnológicas (por exemplo, Wikimapia, Open StreetMap, Mechanical Turk, CloudCrowd e Wikipedia), bem como para auxiliar tomadores de decisão de diferentes contextos no desempenho de suas atividades, por exemplo, tendências de marketing (KLEINDIENST ; PFLEGER; SCHOCH, 2015) ou análise urbana e de comunidades (BUGS et al., 2010). Um estudo nos EUA mostra que 35% desses usuários criam conteúdo e o colocam online, e 26-34% deles compartilham esse conteúdo (FLANAGIN; METZGER, 2008). Além disso, todos esses dados também têm sido de grande valia para apoiar a tomada de decisão na gestão de desastres (HORITA et al., 2013; HAWORTH; BRUCE, 2015; GRANELL; OSTERMANN, 2016). Um grupo de estudos existentes está focado em analisar o uso de plataformas de mídia social (por exemplo, Twitter e Flicker) na gestão de desastres (AHMED, 2011; KAEWKITIPONG; CHEN; RACTHAM, 2012; ERSKINE; GREGG, 2012; FUCHS et al., 2013; GUAN; CHEN, 2014; ALBUQUERQUE et al., 2015).

Plataformas de mapeamento colaborativo como OpenStreetMap e Wikimapia também surgiram como um importante tipo de informação voluntária que poderia auxiliar na gestão de desastres (ZOOK et al., 2010; DORN; VETTER; HÖFLE, 2014). Além disso, o desenvolvimento de frameworks, bem como sistemas de informação para processamento e compartilhamento dos dados voluntários é o objetivo de outro grupo de trabalhos (GOODCHILD; GLENNON, 2010; NIKO et al., 2011; HORITA et al., 2014a; DEGROSSI et al. al., 2014; HORITA et al., 2015; HAWORTH; BRUCE, 2015). O potencial do VGI foi demonstrado após o terremoto haitiano de 2010, quando voluntários mapearam as áreas afetadas no OSM usando imagens de satélite como base para análise. A Figura 9 mostra uma comparação da área mapeada antes e depois do terremoto no Haiti.

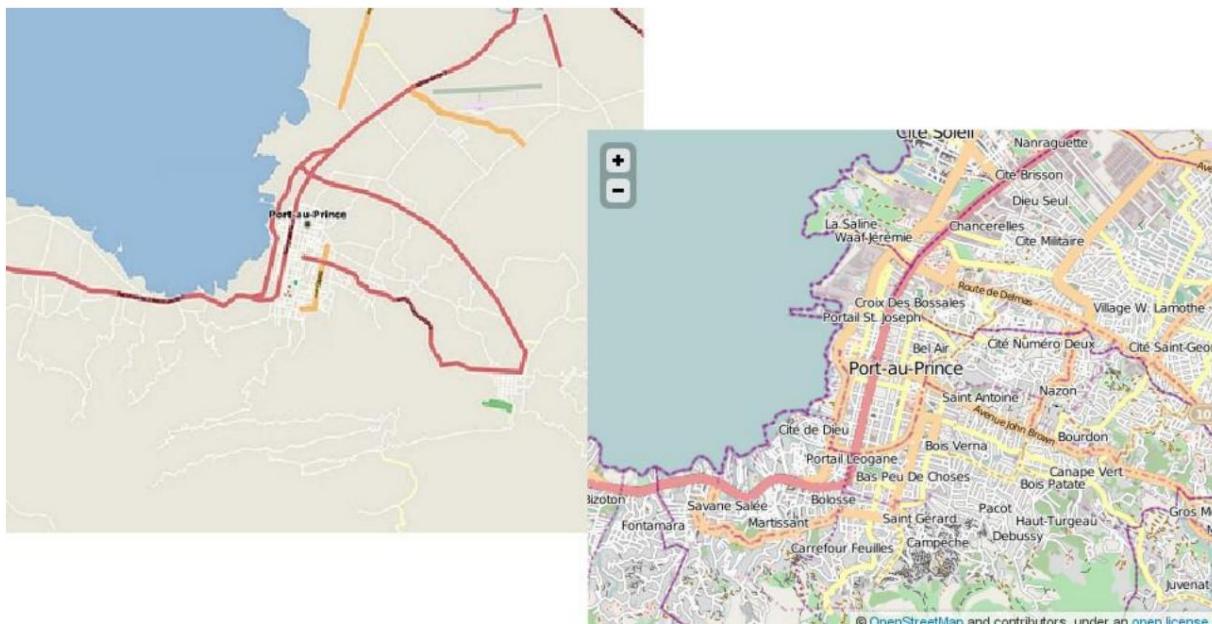


Figura 9 – Comparação da área mapeada antes e depois do terremoto no Haiti.

No entanto, esse grande volume de dados traz diversos problemas relacionados à sua qualidade (ELWOOD, 2008). A qualidade das informações voluntárias pode ser avaliada por sua precisão e credibilidade (POSER; DRANSCH, 2010). Flanagin & Metzger (2008) relacionam qualidade com acurácia, ou seja, o grau de similaridade entre as informações produzidas pelos voluntários na plataforma tecnológica com os dados apresentados no mundo real. Por outro lado, Bishr & Janowicz (2010) associam qualidade à credibilidade, ou seja, uma confiança na informação (vínculo social e confiável) criada entre as informações encontradas pelo consumidor e aquelas definidas por seu criador. Esses autores estendem essa noção para uma dimensão geográfica, na qual a localização dos voluntários influencia na confiança de suas observações, bem como na dimensão temporal, em que o tempo entre as diferentes observações também afeta sua confiança em Bishr & Janowicz (2010).

Além disso, a abundância de informações também destacou outro desafio com sua estruturação, armazenamento e disseminação, ou seja, como definir uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) para atender a esses requisitos (BISHR; JANOWICZ, 2010; GENOVESE; ROCHE, 2010). Por fim, Doan, Ramakrishnan & Halevy (2011) levantaram outros desafios importantes. Em primeiro lugar, o

compreensão de como esses sistemas recrutam voluntários e mantêm sua assistência. Em segundo lugar, que diferentes tipos de suporte os usuários podem fornecer e como eles podem ser combinados. Por fim, embora essa enorme quantidade de dados seja útil para a obtenção do conhecimento, ela causa diversos problemas no que diz respeito à sua qualidade (ELWOOD, 2008; GOODCHILD; GLENNON, 2010).

2.6 Modelos de Negócios e Notações

Os processos de negócios podem ser definidos como “uma cadeia de atividades funcionalmente conectadas usando tecnologias de informação e comunicação, que levam a um resultado fechado proporcionando um benefício mensurável para um cliente” (DUMAS et al., 2013). Seus elementos estão representados na Figura 10.

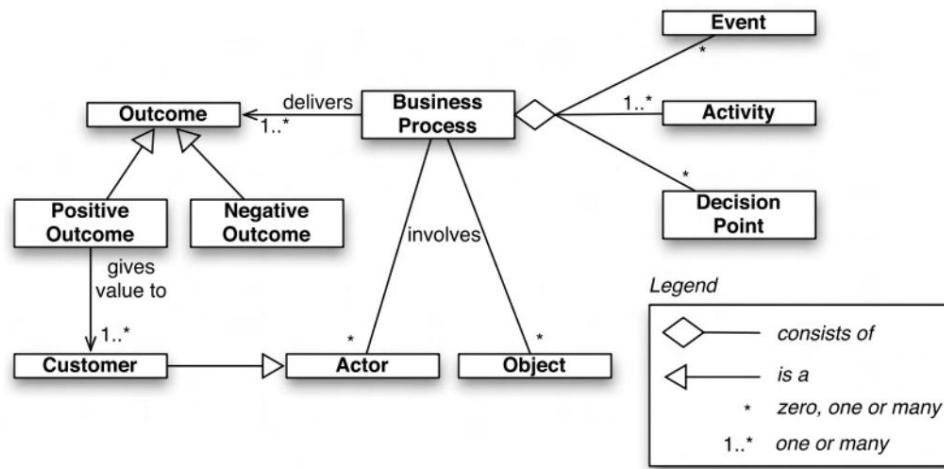


Figura 10 – Elementos de um processo de negócio. Baseado em (DUMAS et al., 2013).

O Business Process Model and Notation (BPMN) é um modelo e notação padrão que foi projetado pelo Object Management Group (OMG) para modelar esses processos. Ele define um conjunto de elementos conceituais que são uma abstração de elementos do mundo real e seus relacionamentos (OMG, 2013), por exemplo, a “atividade do elemento conceitual” representa uma única unidade de trabalho (por exemplo, checklist de inventário). Um modelo de negócios consiste em um conjunto de eventos, atividades ou pontos de decisão (por exemplo, ANDs e ORs) que podem ser interconectados com o objetivo de seguir uma sequência lógica. Também envolve atores ou objetos (por exemplo, objetos de dados). Para fornecer um entendimento comum, o BPMN define notações gráficas para cada um desses elementos que também visam fornecer reutilização e fácil compartilhamento de informações entre os diferentes stakeholders (ver Figura 11). A Figura 12 mostra um exemplo de modelo de negócios para verificação de segurança no aeroporto.

O ponto de partida da Figura 12 é a recolha do cartão de embarque. Isso desencadeia a execução da primeira atividade “Prosseguir para a verificação de segurança”, ou seja, o passageiro só poderá prosseguir para a verificação de segurança se tiver o cartão de embarque. Após esta primeira atividade, duas atividades são executadas em paralelo “Triagem de segurança do passe” e “Triagem de bagagem do passe”, ou seja, o passageiro tem que passar pela triagem de segurança pessoal, bem como pela triagem de bagagem.

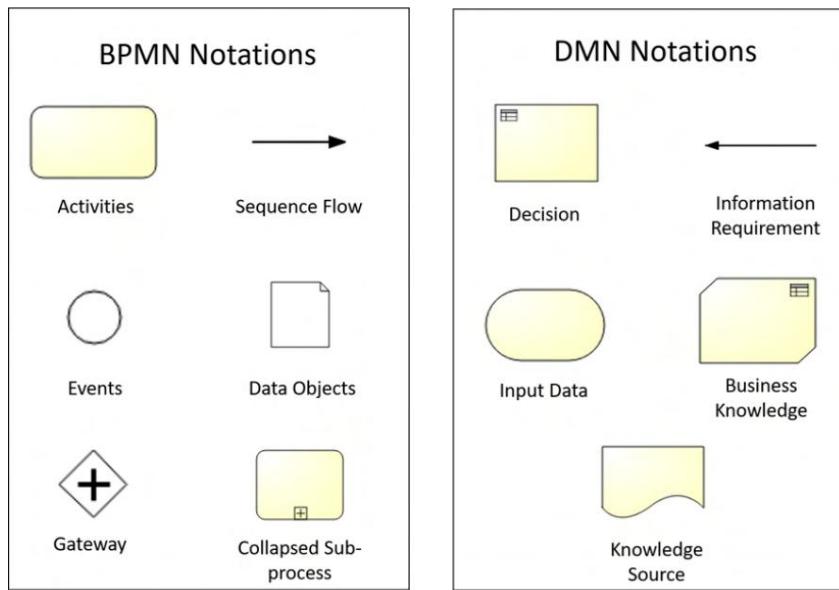


Figura 11 – Notações BPMN e DMN.

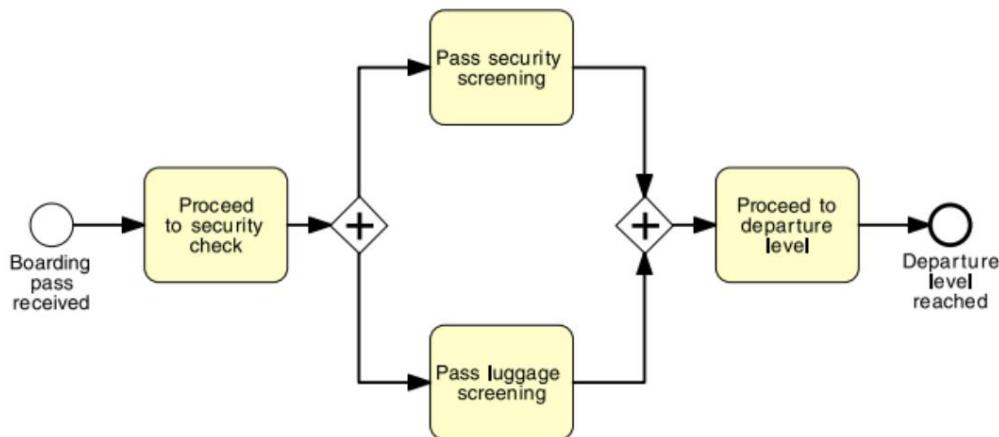


Figura 12 – Exemplo de processo de negócio modelado em BPMN. Com base em Dumas et al. (2013).

Uma vez que ambas as atividades são concluídas, a última atividade é acionada “Prosseguir para o nível de partida”. Isso significa que o passageiro só pode ir ao nível de embarque se concluir a triagem pessoal e de bagagem. Em suma, o modelo de negócios é um meio para melhor compreender as atividades existentes, o fluxo de sequência lógica e os objetos relacionados. O BPMN tem sido aplicado em diferentes áreas, como atendimento ao cliente (SAEEDI; ZHAO; SAMPAIO, 2010), gestão de desastres (JANSEN; LIJNSE; PLASMEIJER, 2010; SACKMANN; HOFMANN; BETKE, 2013) e gestão de negócios (ELVESÆTER et al., 2010). Sackmann, Hofmann & Betke (2013) propuseram uma extensão ao BPMN com o objetivo de incluir elementos para representar informações relacionadas ao local como hidrantes ou ambulâncias. Embora as notações de modelagem de processos sejam valiosas para representar as atividades organizacionais que envolvem a tomada de decisões, elas não incluem uma consideração explícita das decisões envolvidas.

Para preencher essa lacuna, a OMG lançou recentemente o Modelo de Decisão e Notação (DMN),

que é projetado para estabelecer uma relação entre os processos de negócios e a tomada de decisão. Isso fornece elementos conceituais (por exemplo, regras de negócios, dados de entrada e informações necessárias) para decisões de modelagem (OMG, 2014). A Figura 13 mostra um exemplo de processo de negócios no qual uma atividade está conectada a uma decisão (ou seja, atividade “Decidir a aceitação do pedido”).

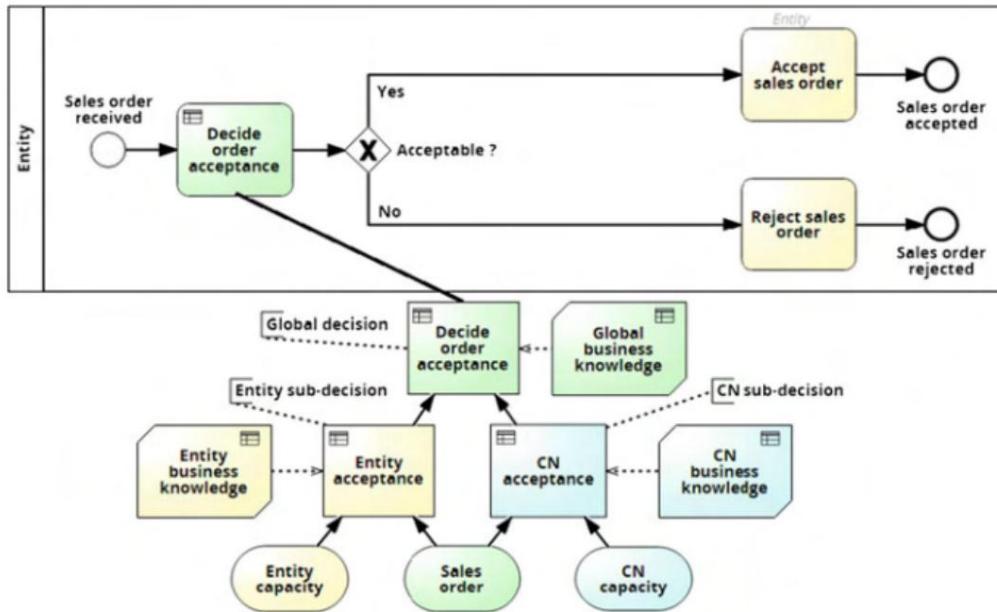


Figura 13 – Exemplo de processo de negócio e decisão modelado usando BPMN e DMN. Com base em Biard et al. (2015).

O processo de negócios é exibido na parte superior da figura, enquanto a decisão na parte inferior da figura. No processo de negócio, uma atividade específica, denominada “Decidir aceitação do pedido”, está associada à decisão “Decidir aceitação do pedido”. Isso, por sua vez, exige o resultado de duas outras decisões (“Aceitação da Entidade” e “Aceitação do CN”) que são analisadas por meio de um conhecimento de negócios específico (“Conhecimento de negócios global”). O resultado desse conhecimento empresarial define o resultado da decisão. Alguns primeiros exemplos de estudos que empregaram DMN podem ser encontrados na literatura (AA et al., 2015; BAZHENOVA; WESKE, 2015; JANSSENS; SMEDT; VANTHIENEN, 2016). Biard et al. (2015) destaca o fato de que o DMN tem um grande potencial para modelar decisões em redes colaborativas. Além disso, Batoulis et al. (2015) descreveram uma metodologia, que visa derivar um modelo DMN de processos de negócios, e adapta o modelo de processo original substituindo a lógica de decisão de acordo. O DMN e os estudos relacionados são certamente um passo importante para proporcionar uma maior compreensão da tomada de decisão nas organizações. No entanto, essa notação de modelo não leva em consideração o tipo de fonte de dados que poderia fornecer os requisitos de informações modelados para apoiar a tomada de decisão. Ele apenas modela os valores de um requisito de informação em termos dos dados de entrada necessários, por exemplo, “o preço de um produto é U\$ 28,00”.

2.7 Observações Finais

Neste capítulo, foi apresentada a gestão de desastres. Essa gestão define um conjunto de atividades a serem executadas antes, durante e após um evento, ou seja, é composta por quatro fases: mitigação, preparação, resposta e recuperação. Em todos eles, as informações geográficas são importantes para auxiliar na melhor análise das variáveis ambientais. Por isso, devem ser integrados, atualizados e mais rápidos para apoiar a tomada de decisão do órgão emergencial. O SDSS também é apresentado como os sistemas de informação, que visam apoiar decisões não estruturadas e semiestruturadas relacionadas a um contexto geográfico. Esses sistemas utilizam modelos matemáticos e recursos de visualização de decisões para interpretar as informações geográficas e apoiar a tomada de decisões. Além disso, o big data foi caracterizado pela interseção de “4Vs”: volume, veracidade, velocidade e variedade. Quando associados a uma localização geográfica, esses dados têm potencial para melhorar a tomada de decisões de diferentes organizações; porém, ao mesmo tempo, devem seguir um processo rígido e sólido de suporte à coleta, armazenamento, processamento e análise dessa quantidade de dados. Por fim, o processo de negócio e a notação foram apresentados como uma alternativa valiosa para descrever o processo de negócio, além de possibilitar um entendimento comum do processo entre todos os stakeholders.

Com esse pano de fundo, o próximo capítulo apresenta duas revisões de literatura que foram para analisar o uso de informações voluntárias e SDSS na gestão de desastres.



VGI E SDSS EM DESASTRE GESTÃO

3.1 Visão geral

Durante o último ano, diversos pesquisadores vêm adotando uma abordagem sistemática e sistemática para identificar, analisar e avaliar os estudos existentes na literatura sobre questões específicas de pesquisa. Isso é chamado de “Revisão Sistemática da Literatura (SLR)”

(BUDGEN et al., 2008). A RSL é um meio de avaliar e interpretar todos os estudos disponíveis na literatura sobre questões de pesquisa, área ou fenômeno de interesse (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007; DYBA; DINGSOYR; HANSEN, 2007). A realização de pesquisas sistemáticas segue uma sequência de passos metodológicos bem definidos e rigorosos, de acordo com um protocolo previamente predeterminado (BIOLCHINI et al., 2005).

Segundo Kitchenham & Charters (2007), uma RSL compreende três etapas: planejamento, condução e resultados. Na fase de planejamento, as questões de pesquisa são definidas em conjunto com o protocolo SLR. Este protocolo é o guia de revisão no qual é estabelecido não só todos os seus detalhes , mas também o processo de condução e análise. Também visa eliminar possíveis vieses de execução e influências de pesquisadores, bem como viabilizar a reprodução da resenha. Na fase de condução, o planejamento é executado nas bases de dados eletrônicas e é feita uma seleção de os estudos devolvidos. Por último, mas não menos importante, os estudos devolvidos são avaliados e os dados extraídos.

Da mesma forma, o Estudo de Mapeamento Sistemático é uma abordagem de revisão que vem sendo utilizada por pesquisadores de engenharia de software para obter estudos relevantes na literatura. No entanto, diferentemente do SLR, o estudo de mapeamento sistemático visa analisar estudos relevantes para dar uma visão geral da área temática ou tema (PETERSEN et al., 2008). Então, o estado de evidência em tópicos específicos pode ser investigado usando uma SLR (PETERSEN et al., 2008; BUDGEN et al., 2008).

Este capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 3.1.1 é apresentado o protocolo, a condução e o resultado da análise de um estudo de mapeamento sistemático, que visa analisar o uso do VGI na gestão de desastres. Além disso, a Seção 3.1.2 detalha o planejamento, condução e análise de um estudo de mapeamento sistemático executado para analisar o uso de SDSSs para gerenciamento de desastres.

3.1.1 Estudo de Mapeamento Sistemático A - Informações Geográficas Voluntárias mação e Gestão de Desastres

Planejamento e Protocolo

Este estudo de mapeamento sistemático tem como objetivo identificar estudos relevantes disponíveis na literatura que usam informações de voluntários como fonte de informação para alcançar resiliência em desastres gestão. Nesse contexto, foi definido o seguinte objetivo de pesquisa:

GO1: Como pode o uso de informações de voluntários para alcançar a resiliência na gestão de desastres?

Conforme apontado por Kitchenham & Charters (2007), as questões de pesquisa são definidas por meio da análise de quatro itens identificados como PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome). Aqui, são definidos apenas os itens População, Intervenção e Resultado, principalmente porque não há comparação entre algumas abordagens. Abaixo, há a definição dos três itens restantes:

1. **População:** a população desta revisão é gestão de desastres naturais;
2. **Intervenção:** estamos analisando o uso das informações fornecidas pelos voluntários;
3. **Resultado:** o resultado geral é a identificação do uso de VGI na gestão de desastres

Tendo em conta estas definições, as questões secundárias apresentadas a seguir visam ajudar na resposta à questão principal de investigação:

ÿ **RQ1.1:** Em quais fases do gerenciamento de desastres as informações dos voluntários foram usado?

ÿ **RQ1.2:** Em que tipos de desastres são utilizadas as informações dos voluntários?

ÿ **RQ1.3:** Que tipos de metodologias são empregadas em pesquisas que utilizam informações de voluntários para a gestão de desastres?

As quatro fases de gestão de desastres definidas por Poser & Dransch (2010) foram usadas como referência para determinar em que estágio RQ1.1 está incluído. No caso do RQ1.2, usamos os tipos descritos por Jha (2010) para identificar a categoria, tipo e subtipo de desastre empregado neste capítulo. Para responder ao RQ1.3, utilizamos as informações fornecidas pelos próprios estudos revisados sobre a metodologia de pesquisa empregada, por exemplo, revisão de literatura, estudos de caso, pesquisas, experimentos e pesquisa-ação. Para esta revisão, o processo de busca foi realizado utilizando as bases de dados eletrônicas apresentadas na Tabela 1, estas são as bases de dados mais relevantes no contexto da Engenharia de Software e Sistemas de Informação.

Tabela 1 – Bancos de dados eletrônicos do Estudo de Mapeamento Sistemático A.

Nome	URL
IEEEExplore http://ieeexplore.ieee.org/	Biblioteca Digital
ACM http://dl.acm.org	Scopus http://www.scopus.com
ISI Web of Science http://wps.isiknowledge.com	AISeL http://aisel.aisnet.org
ScienceDirect http://www.sciencedirect.com	http://www.springerlink.com
SpringerLink	

Nesta revisão, usamos uma definição subjetiva de string de busca, os termos foram definidos usando o conhecimento do domínio e experiências anteriores dos revisores (ZHANG; BABAR; TELL, 2011). Além disso, sua estrutura foi composta por palavras-chave relevantes e seus sinônimos, esses termos foram separados respectivamente pelos operadores booleanos “AND” e “OR”, conforme mostra a Figura 14.

Para subsidiar a seleção de estudos relevantes que realmente estejam associados à questões de pesquisa, esta revisão definiu um conjunto de critérios de inclusão (IC) e exclusão (EC), conforme apresentado abaixo:

- ÿ **IC1:** O estudo utiliza informações de voluntários na gestão de desastres;
- ÿ **EC1:** O estudo não está escrito em inglês e português;
- ÿ **EC2:** O estudo não está disponível para download;
- ÿ **EC3:** O estudo é duplicado;
- ÿ **EC4:** O estudo é pôster ou tutorial;
- ÿ **EC5:** O estudo usa informações de voluntários, mas não está relacionado à gestão de desastres;
- ÿ **EC6:** O estudo está relacionado à gestão de desastres, mas não usou informações de voluntários;

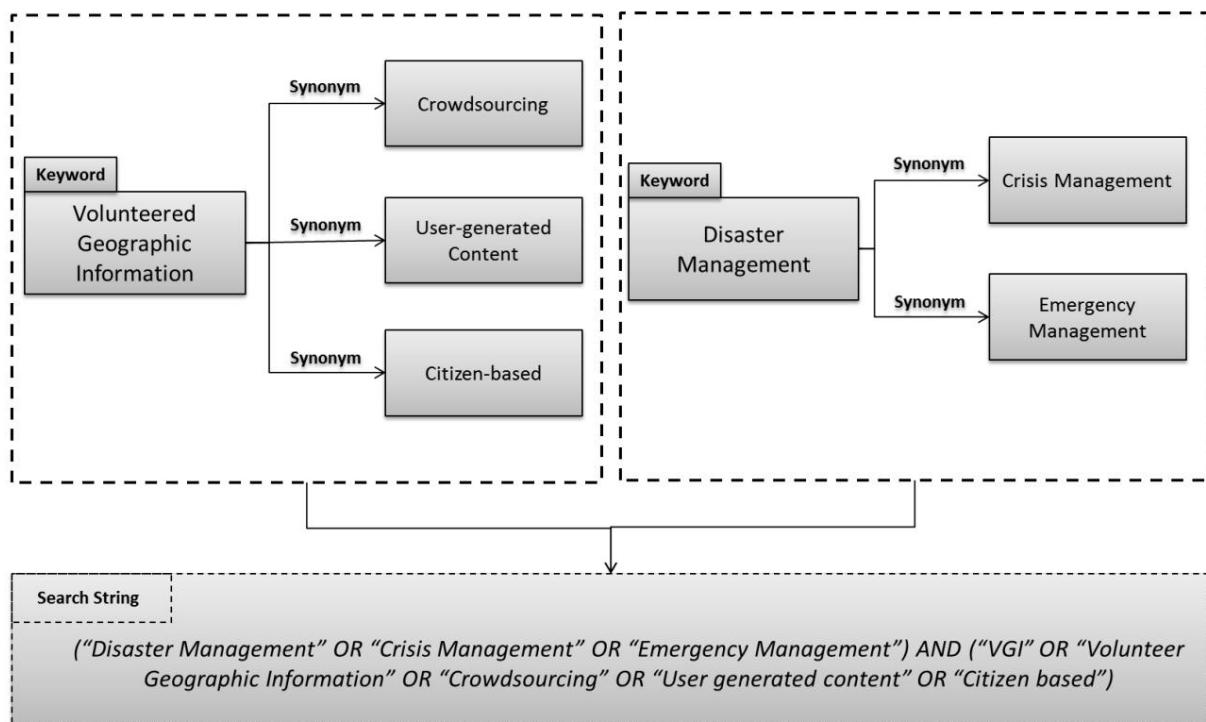


Figura 14 – String de pesquisa para Estudo de Mapeamento Sistemático A.

Nesta revisão, foi definido o seguinte processo de condução. Inicialmente, a string de busca foi realizada em bases de dados eletrônicas com o objetivo de identificar artigos importantes para este estudo (Etapa 1). Em seguida, avaliou-se o título e resumo e aplicou- se critérios de inclusão e exclusão pré-definidos a cada artigo, obtendo-se assim um conjunto de artigos relevantes (Passo 2). Em seguida , obteve-se o texto completo de cada um desses artigos e avaliou-se criticamente seu conteúdo. Ao fazê-lo, os estudos foram lidos na íntegra e aplicados os critérios de inclusão e exclusão (Etapa 3). Para esta etapa, foi utilizado um formulário para extrair os dados e integrar da melhor forma possível as respostas do pesquisador . Por fim, os principais dados foram resumidos e os estudos relevantes categorizados. Todo esse processo visa identificar os estudos mais relevantes para auxiliar na resposta à questão de pesquisa proposta para esta revisão.

Por fim, é realizada a qualidade de cada estudo selecionado. Para isso, foram analisados cinco critérios que buscam mensurar a existência de conceitos fundamentais para a área de contexto. Para cada questão foi aplicada a seguinte escala de valores: Sim (S) = 1 ponto, Não (N) = 0 ponto, Parcialmente (P) = 0,5 ponto. Em seguida, esses valores foram somados, resultando na quantificação da qualidade de cada estudo. A lista de perguntas é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Lista de critérios de qualidade do Estudo de Mapeamento Sistemático A.

ID	Descrição QC1
QC1	Há descrição do contexto em que a pesquisa foi realizada?
QC2	Existe uma declaração clara dos objetivos da pesquisa?
QC3	A seção de antecedentes é detalhada de acordo com o contexto da pesquisa?
QC4	Os resultados são relatados de forma clara?

Todos os elementos descritos anteriormente foram utilizados para compor o protocolo de revisão. A seguir, são apresentados em detalhes os resultados obtidos durante a fase de condução.

Condução

Durante a fase de condução, a string de busca definida no protocolo foi realizada nas bases de dados eletrônicas pré-determinadas para obter os estudos mais importantes. Na Etapa 1, um total de 320 estudos foram devolvidos por um período de janeiro/2007 a janeiro/2013, SpringerLink teve o maior retorno, 183 estudos, (57% no total) enquanto o IEEEExplore retornou 8 estudos, 3 estudos na ACM , 27 na Scopus, 8 na ISI Web of Science, 36 na AISel e 55 na ScienceDirect. A Figura 15 mostra esses dados em detalhes.

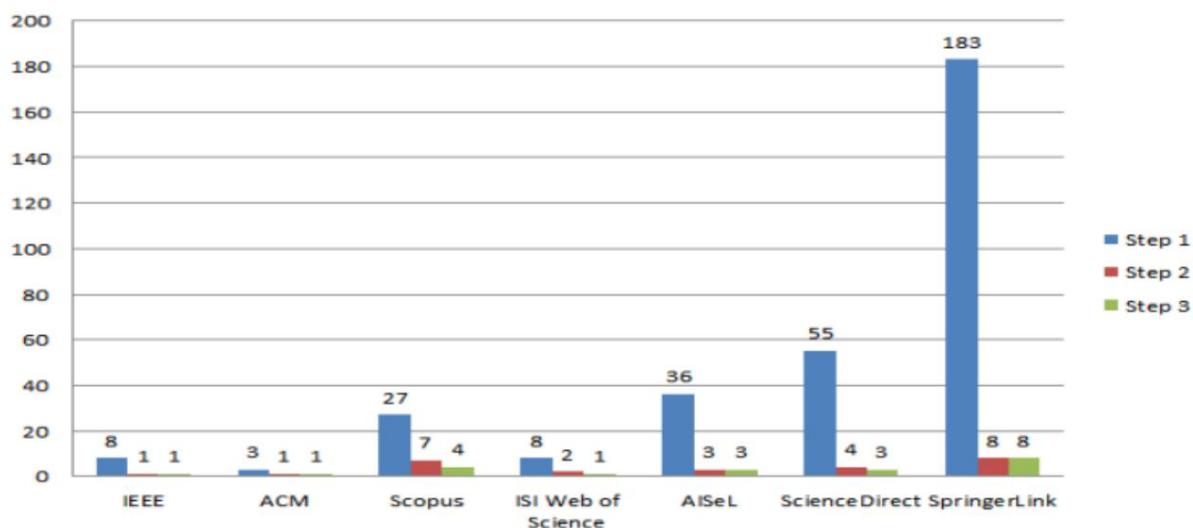


Figura 15 – Estudos devolvidos separados por fases e banco de dados eletrônico.

Todos esses 320 estudos devolvidos tiveram seu título e resumo analisados, bem como a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, restando um total de 26 estudos (Etapa 2). Entre eles, ISI Web of Science e ACM Digital Library apresentaram um índice de 25% (2 de 8) e 33% (1 de 3) nos artigos selecionados. Durante a Etapa 3, o artigo desenvolvido por Ahmed (2011), embora apenas um trabalho em andamento, forneceu suporte para a aplicação de mídias sociais para gestão de desastres , e assim foi mantido entre os artigos relevantes. Além disso, nesta etapa, alguns trabalhos foram excluídos, pois não utilizam ou aplicam VGI para gestão de desastres, estão relacionados ao crowdsourcing realizado por especialistas em know-how e estão relacionados a modelos e estratégias de coleta de informações disponíveis na Internet . Por fim, os 21 estudos restantes foram incluídos e utilizados para resumir os dados para responder às questões de pesquisa.

Esta revisão foi conduzida por dois revisores, um coordenador e dois outros supervisores especialistas com experiência reconhecida em gestão de desastres e VGI. Em todo o processo de busca, os revisores desempenharam suas tarefas em paralelo (por exemplo, aplicação de critérios de inclusão e exclusão e extração de dados dos estudos selecionados) coordenados pelo coordenador que visa auxiliar em caso de divergências e problemas. Além disso, em alguns casos, os supervisores foram

solicitados a auxiliar no problema que o coordenador não conseguiu resolver. Na próxima seção será apresentada a análise e discussão em torno dos estudos selecionados.

Descrição dos estudos selecionados

O processo de análise e discussão foi realizado levando em consideração os 21 estudos selecionados nas fases anteriores por meio de um formulário de extrato simples desenvolvido no GoogleDocs¹. No entanto, antes da apresentação dos resultados obtidos, será feita uma breve descrição das características gerais dos estudos selecionados. A Figura 16 apresenta o número de estudos selecionados ao longo dos anos por base eletrônica.

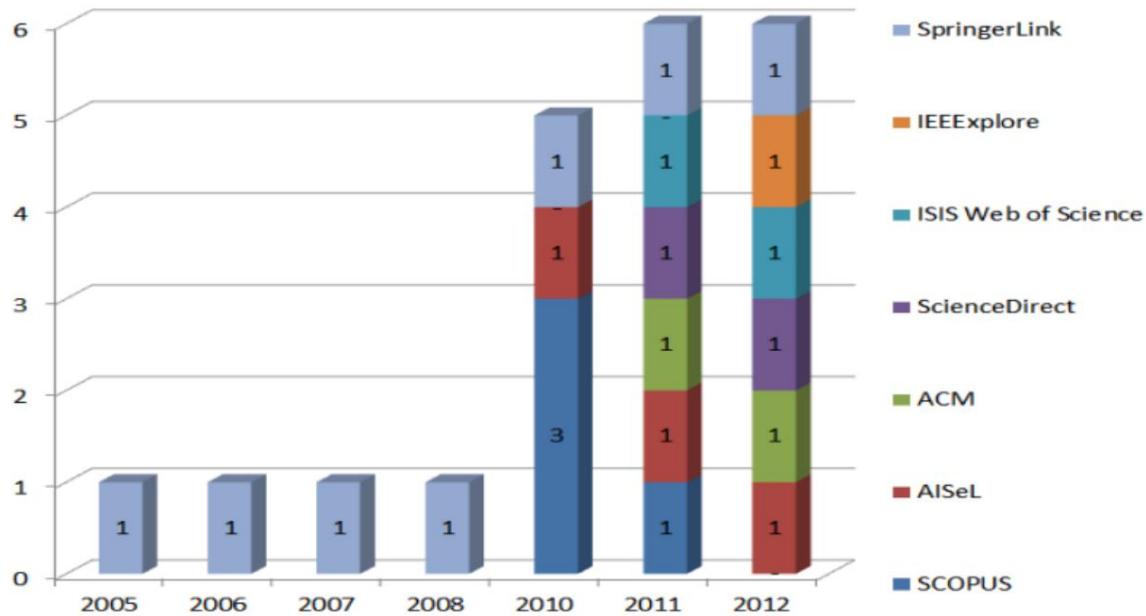


Figura 16 – Estudos selecionados ao longo dos anos por base eletrônica.

Como podemos ver, os estudos desenvolvidos nos três primeiros anos foram publicados no Springer Link. Não há estudo em 2009, mas há um crescimento no número de estudos desenvolvidos (de 1 em 2008 para 5 em 2010 e 6 em 2011-12). Além disso, o número de estudos apresentados nos últimos dois anos está distribuído igualmente entre as bases de dados eletrônicas. O SpringerLink é o banco de dados com mais estudos selecionados (7 em 21) seguido pelo Scopus (4 em 21). A Tabela 3 apresenta as informações dos estudos selecionados, na coluna 1 é apresentada a identificação de cada estudo enquanto a coluna 2 apresenta sua referência. A coluna 3 apresenta o índice de qualidade do respectivo estudo e a coluna 4 seu banco de dados eletrônico. Por fim, a coluna 5 apresenta o tipo de publicação: (C) congresso ou (J) periódico.

Com base nas informações apresentadas na Tabela 3, 28,57% dos estudos selecionados foram publicados em congresso e outros 71,43% em periódico. De acordo com a avaliação de qualidade, 71,42% dos estudos selecionados foram classificados como Excelente (de 4 a 3), 19,05% como Médio

¹ <https://drive.google.com/>

Tabela 3 – Estudos selecionados no Estudo de Mapeamento Sistemático A.

EU IRIA	Referência	Pontuação	Base de dados	Modelo
P1	(PEARCE, 2005)	3	SpringerLink	J
P2	(CHEN; LIU; CHAN, 2006)	3,5	SpringerLink	J
P3	(SCHAFER; GANOUE; CARROLL, 2007)	3	SpringerLink	J
P4	(IKEDA; SATO; FUKUZONO, 2008)	2	SpringerLink	J
P5	(HUANG; CHAN; HYDER, 2010)	2,5	SpringerLink	J
P6	(SINNAPPAN; FARRELL; STEWART, 2010)	4	AISel	C
P7	(POSER; DRANSCH, 2010)	4	Scopus	J
P8	(GOODCHILD; GLENNON, 2010) 4 P9 (LONGUEVILLE et al., 2010a) 4 P10 (SCHADE et al., 2011)		Scopus	J
		3	SpringerLink	J
P11	(SAVELYEV et al., 2011)	3	ACM	C
P12	(ROCHE; PROPECK ZIMMERMANN; MERICKSKAY, 2011)	3	Scopus	J
P13	(YATES; PAQUETE, 2011)	4	ScienceDirect	J
P14	(AHMED, 2011)	2	AISel	C
P15	(NIKO et al., 2011)	3,5	ISI Web of Science	J
P16	(POHL; BOUCHACHIA; HELL WAGNER, 2012)	3,5	ISI Web of Science C	
P17	(VIVACQUA; BORGES, 2012)	3	ScienceDirect	J
P18	(TECELÃO; BOYLE; BESALEVA, 2012)	1	Scopus	C
p19	(ADAM; SHAFIQ; STAFFIN, 2012)	1	IEE Explorar	J
P20	(KAEWKITIPONG; CHEN; RACTHAM, 2012)	4	AISel	C
P21	(MUNRO, 2012)	3	SpringerLink	J

(de 3 a 2), e apenas 9,52% como Ruim (de 2 a 0). Este fato evidencia a relevância e credibilidade dos estudos selecionados.

Análise e Discussão

Nesta seção, vamos resumir os dados descritos na seção anterior e mostrar alguns indicadores que foram identificados e definidos para responder às questões de pesquisa.

RQ1: Em qual das fases de gerenciamento de desastres tem informações de volunteers foi usado?

Com relação ao uso do VGI nas diferentes fases da gestão de desastres, identificamos uma forte predominância de trabalhos que abrangem a fase de resposta (11 dos 21 artigos selecionados). Outros três trabalhos discutiram a fase de mitigação e três também foram encontrados na fase de preparação. A Figura 17 mostra esses papéis distribuídos por ano.

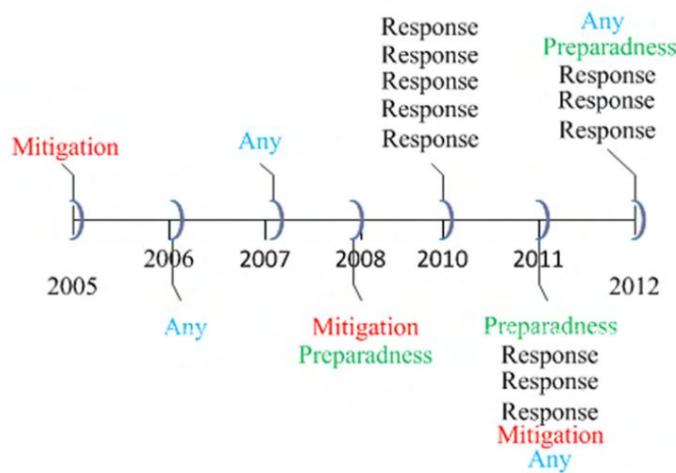


Figura 17 – Estudos por tipo de desastre e anos.

Além disso, em geral, os estudos de Ahmed (2011), Schafer, Ganoe & Carroll (2007), Chen, Liu & Chan (2006) e Kaewkitipong, Chen & Ractham (2012) foram realizados em mais de uma etapa da gestão de desastres. Saveliyev et al. (2011) e Adam, Shafiq & Staf fin (2012) não identificam em qual fase da gestão de desastres sua pesquisa estava preocupada.

RQ2: Em que tipos de desastres foram utilizadas as informações dos voluntários?

A Figura 18 exibe os tipos de desastres em que o VGI está sendo usado com mais frequência. Como pode ser visto, a ocorrência de inundações, terremotos, incêndios e tempestades são muito comuns.

Como pode ser visto na Figura 18, quase 50% das pesquisas de campo envolvem a realização de atividades de gerenciamento de desastres relacionados a incêndios e inundações, e outros 30% foram relacionados a tempestades e terremotos. Esses fatos podem ser explicados pelo crescente número desses tipos de desastres em todo o mundo. Algumas pesquisas foram realizadas em países como Taiwan, Japão, Tailândia e Coréia do Sul que são seriamente afetadas pela instabilidade tectônica que causa esses tipos de desastres. Além disso, com base nos dados coletados durante a RSL, revelou-se que ainda há uma lacuna na pesquisa de dados envolvendo o uso de voluntários para desastres na América Latina, que recentemente passou por fortes inundações, incêndios e tempestades.

RQ3: Quais são os tipos de metodologias utilizadas para pesquisas que visam utilizar informações de voluntários para gestão de desastres?

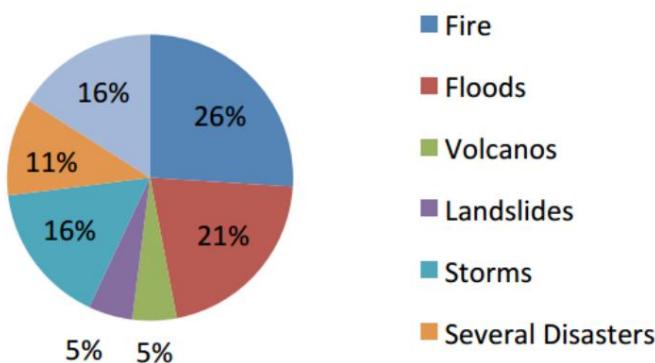


Figura 18 – Tipos de desastres abordados nos estudos selecionados.

A Tabela 4 mostra a quantificação de cada uma das principais metodologias de pesquisa empregadas pelos diversos jornais. Como a gestão de desastres é uma área com um forte campo de aplicações, a maioria dos estudos analisados utilizou métodos para a realização de estudos de caso (12 artigos). o projeto de novos processos, técnicas e métodos seguindo a abordagem da ciência do design foi também utilizado por um número significativo de trabalhos (7 artigos). Apenas alguns jornais realizaram uma revisão de literatura para explorar artigos na área até o momento (2 artigos).

Tabela 4 – Metodologia dos estudos selecionados no Estudo de Mapeamento Sistemático A.

Metodologia	Nº de Estudos	%
Estudo de caso	12	57,14%
Revisão da Literatura	2	9,52%
Ciência do design	7	33,34%
Total	21	100,00%

As conclusões desta revisão são que o uso de VGI na gestão de desastres está crescendo, com um crescimento significativo do número de publicações nos últimos três anos (2010-2012). Além disso, verificou-se que a área de pesquisa predominante era a resposta a desastres, enquanto menos estudos foram dedicados à mitigação e preparação, e nenhum estudo foi encontrado lidando com recuperação. Isso pode ser explicado pelo fato de que a resposta é a parte mais visível do desastre e também é mais provável que atraia a atenção de voluntários. No entanto, existe uma desafio para pesquisadores que é como avançar no conhecimento sobre métodos que incluem VGI em atividades de mitigação e preparação, como análise de risco e sistemas de alerta precoce, bem como como na fase de recuperação das comunidades, ajudando-as a reorganizar sua rotina e criar mecanismos para evitar que desastres voltem a acontecer no futuro.

Esta pesquisa também mostrou que o VGI é comumente usado para gerenciar inundações e incêndios. A mídia predominante para compartilhar VGI foi considerada a mídia social (ou seja, Twitter, Facebook, Youtube) e dispositivos móveis. Curiosamente, muito poucos dos artigos revisados abordam plataformas VGI como Ushahidi, Elva, OpenStreetMap e Wikimapia; isso oferece um caminho interessante para explorar em pesquisa futura. Além disso, além do fato de que a maioria dos estudos atuais são baseados em estudos de caso,

Ou seja, há também um amplo campo para a realização de pesquisas que empregam outras metodologias. A pesquisa- ação parece particularmente adequada a essa área, pois busca resolver problemas práticos atuais (por exemplo, estabelecer resiliência contra desastres com a ajuda de informações de voluntários) enquanto expande o conhecimento científico (por exemplo, aprender como podemos usar efetivamente as informações de voluntários para enfrentar desastres).

3.1.2 Estudo de Mapeamento Sistemático B - VGI, Tomada de Decisão e Gerenciamento de Desastres

Planejamento e Protocolo

O principal objetivo deste estudo de mapeamento sistemático é identificar estudos relevantes que abordem o uso do VGI como fonte de informação para aumentar a qualidade dos processos decisórios na gestão de desastres. Para atingir esse objetivo, foi estabelecido o seguinte objetivo de pesquisa:

GO1: Como as informações dos voluntários podem ajudar no processo de tomada de decisão a gestão de desastres?

Em geral, as questões de pesquisa são formuladas a partir da análise de quatro itens identificados como PICO (População, Intervenção, Comparação, Resultado) (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Neste estudo de mapeamento sistemático, não há comparação de abordagens, por isso, a comparação de itens não é apresentada. A seguir, os aspectos utilizados para elaborar as perguntas de pesquisa. são detalhados:

- 1. População:** Uma vez que esta revisão se concentre na identificação de maneiras de usar as informações do voluntário para a tomada de decisão na gestão de desastres, a população é composta por cidadãos localizados em zona de risco e órgãos oficiais;
- 2. Intervenção:** Nesta revisão, estamos analisando modelos, métodos, técnicas, ferramentas e processo utilizado para integrar, qualificar e compartilhar informações de voluntários;
- 3. Resultado:** o objetivo principal desta revisão é identificar os recursos utilizados para tornar as informações de voluntários disponíveis para ajudar na tomada de decisão na gestão de desastres. Também esperamos identificar as informações necessárias para auxiliar em cada fase do desastre gestão e como retê-los, integrá-los e compartilhá-los.

Além disso, também definimos algumas questões secundárias que são apresentadas a seguir:

- ÿ **RQ1.1:** Com que finalidade foram utilizadas as informações dos voluntários?

ÿ **RQ1.2:** Qual é o tipo de informação dos voluntários?

Para estabelecer a estratégia de busca, foram definidos os critérios de seleção das fontes; lista de fontes; estuda a linguagem; e palavras-chave e seus termos relacionados. A Tabela 5 apresenta as bases de dados eletrônicas definidas para este mapeamento sistemático, essas bases de dados são eficientes para realizar revisões sistemáticas no contexto da Engenharia de Software (DYBA; DINGSOYR; HANSSEN, 2007). O Scopus foi adicionado por ser considerado o maior banco de dados de resumos e citações (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Além disso, o AISel também foi adicionado por possuir trabalhos importantes relacionados a sistemas de informação.

Tabela 5 – Bancos de dados eletrônicos do Estudo de Mapeamento Sistemático B.

Nome	URL
IEE Explorar	http://ieeexplore.ieee.org/
ScienceDirect	www.sciencedirect.com
http://www.scopus.com	Scopus www.sciencedirect.com
aisel.aisnet.org/	AISel http://aisel.aisnet.org/

Em relação aos idiomas dos estudos, foram considerados apenas os estudos primários escritos em inglês, principalmente porque a maioria das pesquisas em Ciência da Computação tem sido relatada nesta linguagem.

O processo utilizado para definir a string de busca utilizada neste mapeamento sistemático inicia -se com a identificação dos principais termos associados à questão de pesquisa principal. Em seguida, foram identificados os sinônimos de cada um dos principais termos visando obter todos os estudos relevantes. Por fim, os sinônimos foram unidos usando o operador booleano “OR” enquanto os termos principais usando “AND”. A string de pesquisa e seus termos são mostrados na Figura 19.

Após isso, o mapeamento sistemático também definiu alguns critérios importantes de inclusão ou exclusão com o objetivo de identificar estudos primários que sejam relevantes e ajudem a responder às questões de pesquisa. Assim, os critérios de inclusão deste mapeamento sistemático são:

ÿ **IC1:** O estudo utiliza informações de voluntários para auxiliar no processo de tomada de decisão na gestão de desastres;

ÿ **IC2:** O estudo apresenta algum recurso para tomar uma decisão usando informações do voluntário para a gestão de desastres.

Além disso, os critérios de exclusão estabelecidos são:

ÿ **EC1:** O estudo não está escrito em inglês;

ÿ **EC2:** O estudo não está disponível para download;

ÿ **EC3:** O estudo é duplicado;

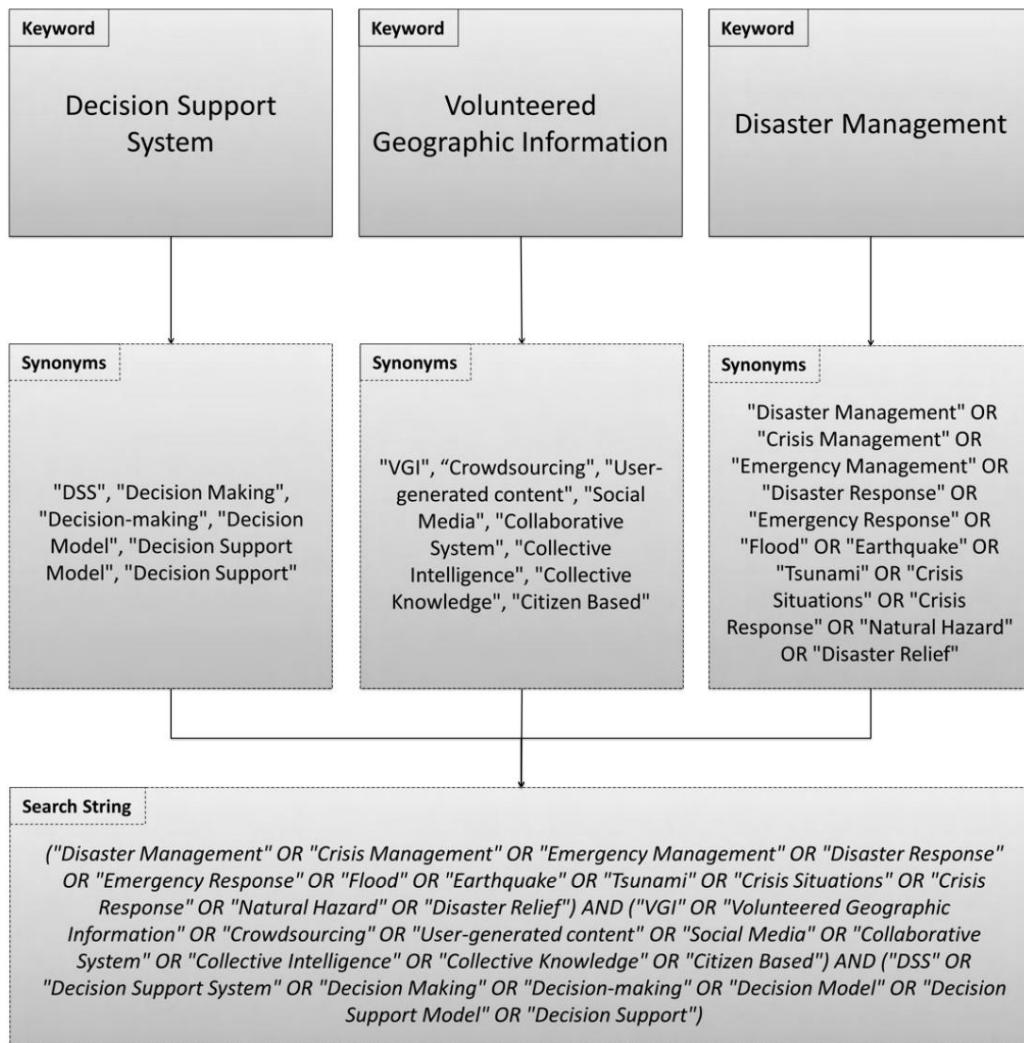


Figura 19 – String de pesquisa para Estudo de Mapeamento Sistemático B.

ÿ **EC4:** O estudo não arquivou mais de 2 no índice de qualidade;

ÿ **EC5:** O estudo não está relacionado a informações de voluntários;

ÿ **EC6:** O estudo não está relacionado à gestão de desastres;

ÿ **EC7:** O estudo não está relacionado à decisão de apoio;

ÿ **EC8:** O estudo é uma versão anterior de um estudo mais completo sobre a mesma pesquisa;

Nesse mapeamento sistemático, a seleção e avaliação dos estudos primários estavam sendo realizadas em três etapas essenciais:

- 1. Seleção Inicial:** Primeiramente, são selecionados apenas os estudos obtidos pela aplicação da string de busca nas bases de dados eletrônicas definidas para esta revisão.

2. Segunda Seleção: Os estudos devolvidos na etapa anterior serão avaliados de acordo com seu título e resumo, devendo ser gerada uma lista contendo apenas aqueles considerados potencialmente relevantes. Nesta etapa, os critérios de inclusão e exclusão também são aplicados.

3. Terceira Seleção: Finalmente, os estudos incluídos são lidos e avaliados na íntegra. Serão aplicados os critérios de inclusão e exclusão, refinando uma série de trabalhos resultantes. Uma ferramenta automatizada é utilizada com o objetivo de facilitar a extração de informações.

Além disso, é realizada a qualidade de cada estudo selecionado. Para isso, foram analisados cinco critérios que buscam mensurar a existência de conceitos fundamentais para a área de contexto. Para cada questão foi aplicada a seguinte escala de valores: Sim (S) = 1 ponto, Não (N) = 0 ponto, Parcialmente (P) = 0,5 ponto. Em seguida, esses valores foram somados, resultando na quantificação da qualidade de cada estudo. Assim, os estudos que não atingiram a pontuação mínima definida pelo critério de exclusão EC4 foram descartados do conjunto de estudos analisados. A lista de perguntas é mostrada na Tabela 6.

Tabela 6 – Lista de critérios de qualidade do Estudo de Mapeamento Sistemático B.

ID	Descrição QC1
QC1	Existe uma declaração clara dos objetivos da pesquisa?
QC2	Os resultados foram avaliados de forma imparcial?
QC3	Os resultados são relatados claramente?
QC4	Existe um histórico claro que apoia a pesquisa?
QC5	O método utilizado para validação do estudo é claro?

Condução

Esse mapeamento sistemático foi realizado por dois pesquisadores sob a supervisão de um supervisor especialista no período de maio/2013 a junho/2013. Para isso, foram utilizadas as definições apresentadas no protocolo, detalhadas na seção anterior. Nesta fase de condução, adaptamos a string de busca definida no protocolo de acordo com as peculiaridades de cada banco de dados eletrônico, com exceção do IEEEExplore. A string de busca aplicada no IEEEExplore teve que ser separada em duas outras substrings, pois não permite pesquisar no resumo e no título na mesma string. A Figura 20 apresenta detalhadamente as etapas do processo selecionado, bem como seus resultados.

Como podemos ver na Figura 20, a seleção inicial foi realizada nas bases de dados eletrônicas definidas no protocolo aplicando a string de busca o IEEEExplore retornou 12 estudos, 31 no AISel, 7 no ISI Web of Science, 47 no Scopus e 8 no ScienceDirect (Passo 1). Todos esses 105 estudos tiveram seus respectivos títulos e resumos analisados e foram aplicados para critérios de inclusão e exclusão, na segunda seleção (Etapa 2). Na terceira seleção, 26 estudos foram selecionados para revisão de texto completo, mas apenas 13 deles foram usados para extração e análise de informações (Etapa 3). A Figura 21 apresenta o número de estudos selecionados ao longo da fase.

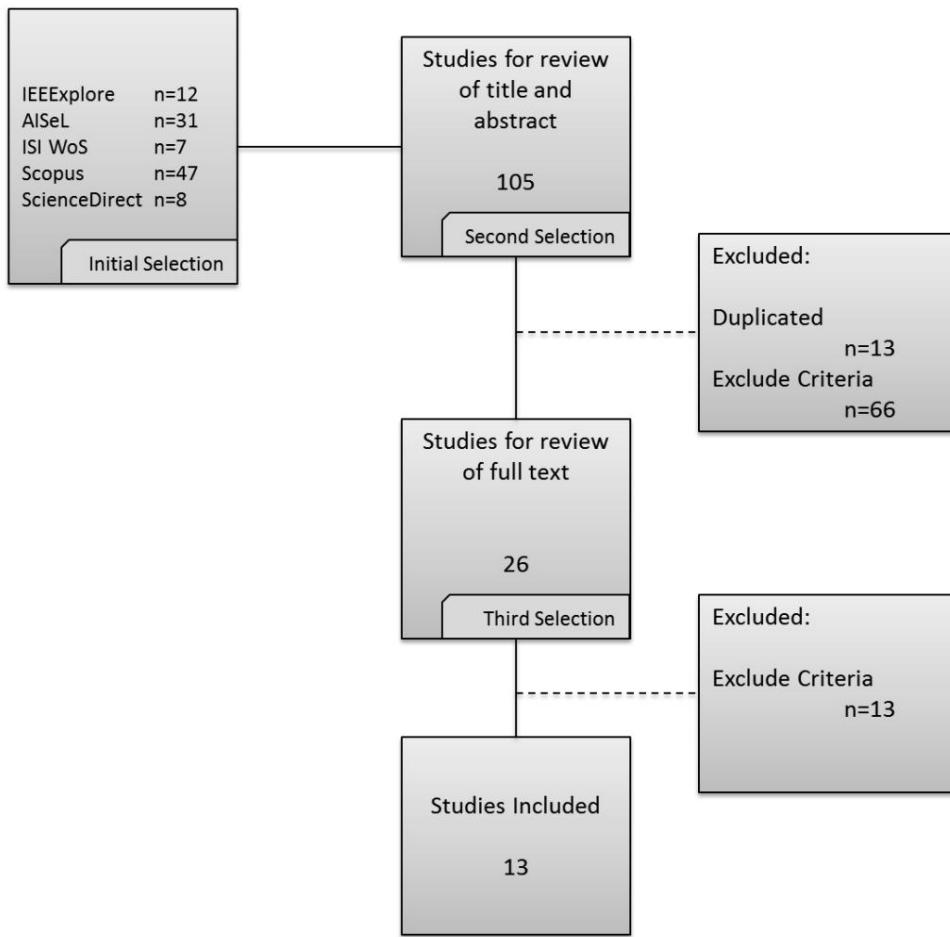


Figura 20 – Processo de seleção.

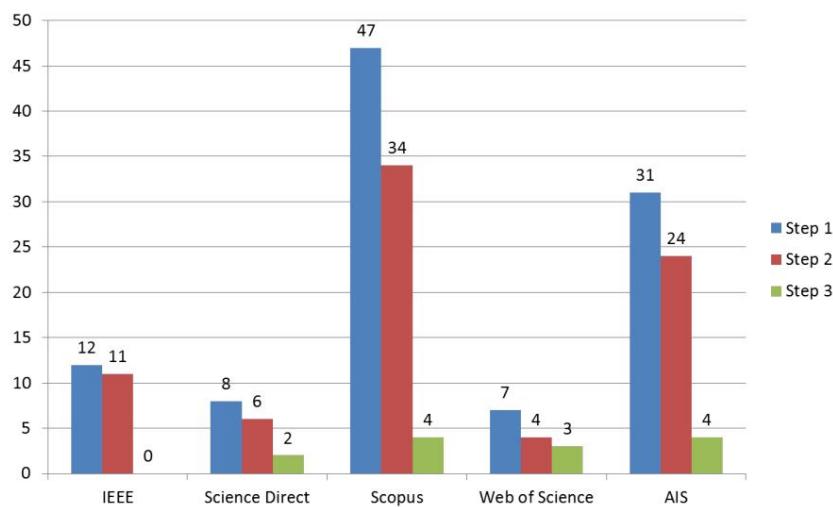


Figura 21 – Estudos devolvidos separados por fases e bases eletrônicas.

Com exceção do IEEEExplore, as demais bases retornaram pelo menos um artigo relevante. Entre eles, cerca de 42% eram do ISI Web of Science (3 em 7), 25% eram do Science Direct (2 de 8), 12,90% eram do AISel (4 de 31) e 8 ,51% eram da SCOPUS (4 de 31). No primeiro banco de dados, esse alto grau de porcentagem poderia ser explicado

devido ao baixo número de estudos devolvidos na seleção inicial. Este fato pode evidenciar que tanto os sinônimos utilizados quanto o processo de refinamento da string devem ser avaliados visando a obtenção dos artigos mais relevantes para este mapeamento sistemático.

Descrição dos estudos selecionados

Os 13 estudos selecionados na seleção final foram distribuídos igualmente ao longo do banco de dados (1 por ano) com exceção de 2010 e 2012. O primeiro estudo foi publicado em 2010, após isso, há um processo crescente de interesse no uso de VGI para tomada de decisão na gestão de desastres de 1 em 2010 para 6 em 2012. Em 2013, o baixo número pode explicar porque esse mapeamento sistemático foi feito até o final do ano. A Figura 22 apresenta o número de estudos selecionados ao longo dos anos por banco de dados eletrônico.

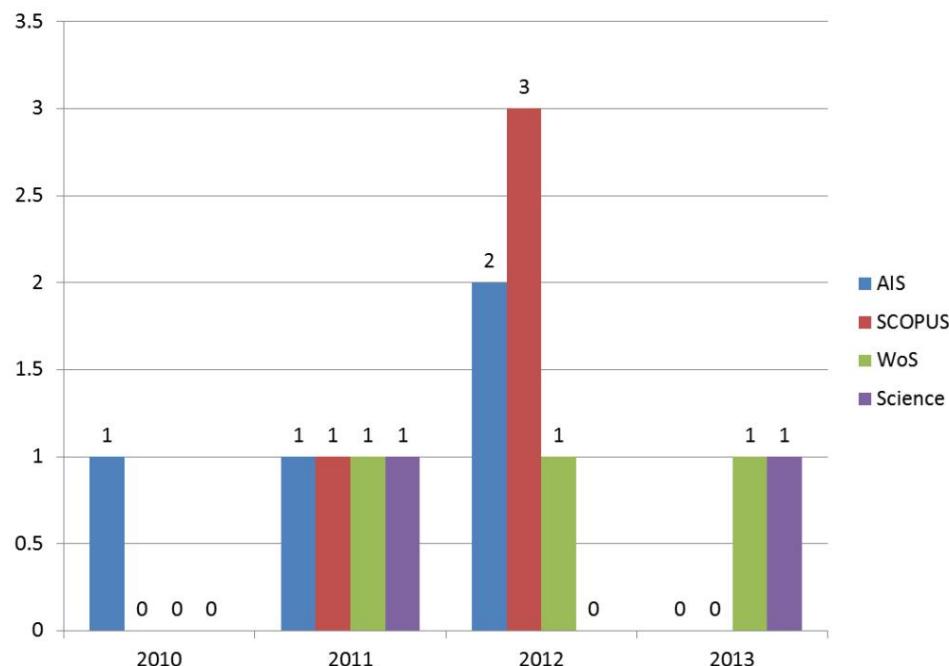


Figura 22 – Estudos por anos.

SCOPUS e AISel têm o mesmo número de estudos selecionados (4 estudos), são seguidos pelo ISI Web of Science com 3 estudos e, por último, Science Direct com 2 estudos. O número de estudos no SCOPUS e AISel pode ser explicado devido ao fato de que o SCOPUS é um repositório integrado bem conhecido, enquanto o AISel é um importante repositório da comunidade de pesquisa de Sistemas de Informação (SI) com muitos estudos relacionados a SAD e SI para decisão fazer. A Tabela 7 apresenta as principais informações dos estudos selecionados.

A avaliação da qualidade deste mapeamento sistemático atinge algum índice relevante, todos os estudos selecionados pontuam acima dos 3 pontos na avaliação tendo 46,15% classificado como Excelente (5 pontos), próximo de 69% como Bom (4,5 pontos), e 30,76% foram classificados como Médio (4). Esse fato evidencia a relevância e credibilidade dos estudos selecionados. Além disso, 69,23% dos

os estudos selecionados foram publicados em congresso enquanto outros 30,77% em periódico. Este fato também evidencia que este campo de pesquisa ainda é imaturo e que mais pesquisas são necessárias.

Análise e Discussão

Nesta seção, os dados apresentados na seção anterior são analisados com o objetivo de responder às questões de pesquisa propostas para este mapeamento sistemático.

RQ1.1: Com que finalidade foram utilizadas as informações dos voluntários?

Os estudos selecionados neste mapeamento sistemático destacam o uso de informações fornecidas por voluntários para cinco propósitos na gestão de desastres:

- ÿ **Previsão de Eventos:** Devido ao grande número de dados compartilhados por voluntários nas mídias sociais, eles têm sido usados para auxiliar na previsão de eventos antes ou durante a ocorrência de uma área (HASHIMOTO et al., 2012). Essa detecção pode ajudar no gerenciamento eficiente de um desastre situação, por exemplo, identificar a situação em tempo real na área (POHL; BOUCHACHIA; HELL-WAGNER, 2012).
- ÿ **Conscientização da Situação:** Para identificar a conscientização da situação apresentada nas áreas afetadas são essenciais para apoiar as atividades dos tomadores de decisão. As redes sociais estão se tornando um entrada de informações importantes para apoiar a avaliação situacional (para produzir consciência) em todos os domínios (MACEACHREN et al., 2011).

Tabela 7 – Estudos selecionados no Estudo de Mapeamento Sistemático B.

EU IRIA	Referência	Pontuação	Base de dados	Modelo
P1	(OH; KWON; RAO, 2010)	5	AISel	Conferência
P2	(AHMED, 2011)	3	AISel	Conferência
P3 (MACEACHREN et al., 2011)		5	SCOPUS	Conferência
P4 (HASHIMOTO; KUBOYAMA; SHIROTA, 2011)		3	Conferência ISI Web of Science	
P5	(YATES; PAQUETE, 2011)	5	Ciência direta	Diário
P6	(ERSKINE; GREGG, 2012)	4	AISel	Conferência
P7	(KAEWKITIPONG; CHEN; RAC THAM, 2012)	4	AISeL	Conferência
P8	(POHL; BOUCHACHIA; HELL WAGNER, 2012)	5	SCOPUS	Conferência
P9 (HASHIMOTO et al., 2012)		4,5	SCOPUS	Conferência
P10 (GOTTUMUKKALA et al., 2012)		4	SCOPUS	Conferência
P11 (RIJCKEN et al., 2012)		4	ISI Web of Science	Diário
P12 (WIDENER; HORNER; MET CALF, 2013)		5	ISI Web of Science	Diário
P13 (KUMAR; HAVEY, 2013)		5	Ciência direta	Diário

ÿ **Prevenção:** As atividades de prevenção são importantes para reduzir a vulnerabilidade das comunidades a um desastre (RIJCKEN et al., 2012). Nesse contexto, as informações fornecidas pelos voluntários por meio de mapas colaborativos (por exemplo, OpenStreetMap) ou mídias sociais têm sido utilizadas para identificar o estado atual das variáveis ambientais e, consequentemente, auxiliar na tomada de decisões na fase de preparação (por exemplo, planejamento da uso da terra em áreas de risco).

ÿ **Evacuação:** Durante uma evacuação, o estado atual das variáveis ambientais são essenciais para garantir sua eficiência e precisão (GOTTUMUKKALA et al., 2012). Por exemplo, se houver uma árvore bloqueando a estrada assim que os tomadores de decisão (ou mesmo a comunidade) souberem desse fato, eles terão mais tempo para analisar uma rota alternativa. Nesse contexto, as informações compartilhadas por voluntários localizados nas áreas afetadas têm auxiliado na atualização dessas variáveis ambientais (por exemplo, fluxo de tráfego).

ÿ **Cadeia de Suprimentos:** Os processos da cadeia de suprimentos durante os esforços de socorro a desastres possuem diversas variáveis instáveis, bem como um conjunto de fatores ambientais associados. Por isso, a proliferação das mídias sociais cria oportunidades de pesquisa para encontrar as melhores formas de integrar tanto os esforços das agências de socorro quanto as ações das comunidades em caso de desastres de grande escala (KUMAR; HAVEY, 2013).

A Figura 23 apresenta a distribuição desses propósitos de uso nas fases de gerenciamento de desastres. A mitigação e a recuperação foram retiradas porque não há nenhum estudo que utilize informações de voluntários para subsidiar as atividades dessas fases. Além disso, Hashimoto et al. (2012) não especificou em qual fase da gestão de desastres eles estão desenvolvendo sua análise enquanto Gottumukkala et al. (2012) realizaram seu estudo com foco nas atividades das fases de preparação e resposta.

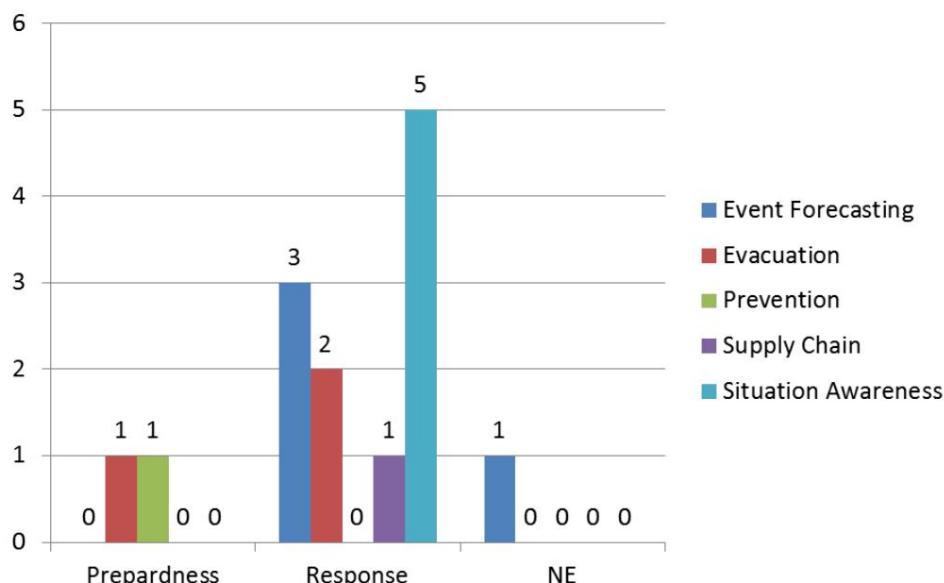


Figura 23 – O uso de VGI por fase de gerenciamento de desastres.

A Figura 23 também evidenciou que o número de estudos realizados para a fase de resposta é maior em comparação com os realizados para preparação. Este fato poderia ser explicado pois esta fase é uma fase que tem recebido muita atenção dos voluntários (HORITA et al., 2013). Além disso, a maioria das análises interessantes da reação das comunidades em caso de desastre são realizado nesta fase. Por exemplo, poderíamos entender como a comunidade lida com o alternativas de rotas em caso de evacuação ou como os membros próximos a uma área afetada compartilham o informações com seus pares.

RQ1.2: Qual é o tipo de informação dos voluntários?

Seguindo a classificação proposta por Albuquerque et al. (2016), a Tabela 8 apresenta a separação do número de informações de voluntários usadas para apoiar a tomada de decisão na gestão de desastres. Devido ao volume de produção de dados, a mídia social é o tipo mais fundado de informações de voluntários (11 estudos) seguido por um estudo sobre mapeamento colaborativo e detecção de multidões.

Tabela 8 – Número de tipos de informações dos voluntários utilizados no Estudo de Mapeamento Sistemático B.

Modelo	Número de estudos %	
Mídia social	11	84,62%
Mapeamento Colaborativo	1	7,69%
Detecção de multidão	1	7,69%
Total	13	100,00%

As principais conclusões desse mapeamento sistemático são que o uso do VGI para suporte tomada de decisão na gestão de desastres, mesmo necessitando de mais pesquisas é um campo de pesquisa que vem crescendo nos últimos quatro anos. Dessa forma, o uso do mapeamento colaborativo e a análise colaborativa são áreas de pesquisa promissoras, principalmente devido ao uso intensivo do OpenStreetMap e Ushahidi. Além disso, o desenvolvimento de abordagens focadas em atividades realizado durante a preparação (por exemplo, alerta precoce e planejamento de alocação de recursos) ainda permanecem na literatura.

Devido ao tempo para realizar esta revisão sistemática, algumas ameaças essenciais podem ser em destaque. O número final de estudos selecionados é muito baixo e não pode ser usado para generalizar os resultados. A inclusão de mais bases de dados eletrônicas e sinônimos poderia resolver este fato e aumentar a qualidade dos resultados. Além disso, durante o processo de extração, algumas informações descritas no estudo foram difíceis de analisar e compreender. Para atingir esse problema, o a opinião de mais um revisor pode ser essencial para reduzir os vieses e problemas de compreensão.

3.2 Observações Finais

Este capítulo descreveu a realização de dois mapeamentos sistemáticos que objetivaram analisar o uso do VGI na gestão de desastres e seu uso para apoiar a tomada de decisão ao longo das fases de gestão de desastres. Para isso, foi utilizado tanto o processo SLR definido em Kitchenham & Charters (2007) quanto o processo Systematic Mapping Study apresentado por Petersen et al. (2008). Em conclusão, há uma crescente utilização do VGI como fonte de informação para a gestão de desastres , bem como seu uso para apoiar algumas atividades de tomada de decisão. No entanto, ainda há necessidade de mais pesquisas, principalmente aquelas que visem analisar o uso do VGI para apoiar a alocação de recursos e recomendação de alertas.

Com base nos achados desses dois mapeamentos sistemáticos, o próximo capítulo apresenta uma arquitetura conceitual que visa integrar fontes de dados heterogêneas.



UMA ARQUITETURA CONCEITUAL QUE INTEGRA DADOS HETEROGÊNEOS

FONTES

4.1 Visão geral

Inundações recentes mostraram os danos que tais desastres podem causar à economia e aos cidadãos de um país (KAEWKITIPONG; CHEN; RACTHAM, 2012; MERZ et al., 2012). Este é particularmente o caso do Brasil, onde inundações graves frequentes são responsáveis por 54% dos eventos de desastres dos últimos anos (IBGE, 2014). Em vista disso, a gestão do risco de inundação tornou-se uma questão crítica. Informações oportunas e precisas podem ajudar muito as agências de emergência envolvidas na gestão do risco de inundações. No entanto, o monitoramento contínuo dos riscos potenciais de inundações requer estimativas precisas dos riscos incorridos, baseadas na observação das chuvas e níveis de água nas regiões locais (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012).

As RSSF surgiram como uma abordagem alternativa que pode fornecer informações atualizadas para a gestão de recursos hídricos a um custo de implantação relativamente baixo (ALBUQUERQUE et al., 2013). Embora essa abordagem tenha sido empregada com sucesso para diferentes situações (LEE et al., 2008; HUGHES et al., 2011; SEAL et al., 2012; SHUKLA; PANDEY, 2014), requer um esforço considerável para garantir que funcione de forma eficaz (PATEL; KAUSHIK, 2009). Além disso, as RSSFs muitas vezes não fornecem dados de várias partes do leito do rio, pois falta uma estação apropriada nas chamadas “áreas não monitoradas”. Em paralelo com isso, outra fonte valiosa de informação é o VGI. Isso permite que cidadãos comuns que residem em áreas de alto risco forneçam informações por meio de diversos dispositivos (por exemplo, smartphones) (GOODCHILD, 2007; LONGUEVILLE et al., 2010a; ROCHE; PROPECK-ZIMMERMANN; MERICKSKAY, 2011).

A combinação de RSSF e VGI pode atuar como um sistema de apoio mútuo para alcançar uma gestão eficaz do risco de inundações. No entanto, levanta desafios que são três: (1) lidar

com formatos distintos (por exemplo, fotos versus valores numéricos) em diferentes níveis de medição (por exemplo, medidores de nível de água versus percepções do cidadão), (2) garantindo a interoperabilidade entre os provedores de dados e (3) transmitindo as informações integradas de uma maneira única e compreensível. Este capítulo, portanto, visa enfrentar esses desafios apresentando uma arquitetura conceitual que integra informações fornecidas por fontes de dados heterogêneas (ou seja, RSSF e VGI). Esta arquitetura é empregada para desenvolver o AGORA-DS, um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SDSS) para apoiar a tomada de decisão no gerenciamento de risco de inundações. A arquitetura compreende: (a) a camada de aquisição responsável por definir as fontes de dados disponíveis, (b) a camada de integração projetada para integrar os dados e disponibilizá-los em conformidade com padrões interoperáveis e (c) a camada de suporte à decisão, cujo objetivo é fornecer uma ferramenta de suporte à decisão baseada na web para visualizar as informações integradas para apoiar a tomada de decisão.

Este capítulo está estruturado da seguinte forma. A Seção 4.2 descreve o AGORA-DS e estabelece sua arquitetura conceitual. Com base nisso, a Seção 4.3 descreve a implantação usada para analisar o AGORA-DS. Por fim, a Seção 4.4 discute as lições aprendidas com essa implantação e os resultados obtidos. As limitações deste projeto também são descritas nesta seção.

Este capítulo resume os principais resultados do artigo “Desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão espacial para gerenciamento de risco de inundações no Brasil que combina informações geográficas voluntárias com redes de sensores sem fio”, publicado na revista Computers & Geosciences (HORITA et al., 2015).

4.2 AGORA-DS: Descrição e Arquitetura

O AGORA-DS foi construído sobre a arquitetura conceitual mostrada na Figura 24. Essa arquitetura é baseada na arquitetura proposta por Horita et al. (2013) e é composto pelas seguintes camadas: a camada de aquisição, a camada de integração e a camada de suporte à decisão. As próximas seções delinearão essas camadas em detalhes.

4.2.1 Camada de aquisição

Essa camada busca encapsular as idiossincrasias das fontes de dados e fornecer os recursos tecnológicos apropriados (por exemplo, interfaces ou serviços web) para divulgar seus dados à camada de integração. Esse encapsulamento é benéfico de várias maneiras, como melhorar a escalabilidade e a capacidade de manutenção, reduzir o impacto de uma alteração nas fontes de dados e permitir que novas fontes de dados sejam incluídas de maneira flexível.

Dessa forma, dois adaptadores foram empregados devido à diferença na estrutura de dados e nas fontes externas de comunicação. Primeiramente, existe um adaptador de sensor que é responsável por definir uma forma padronizada e fácil de receber os dados da RSSF. Por ser uma interface de entrada, o adaptador do sensor também converte os dados recebidos para uma especificação de Observação e Medições (O&M) (o formato XML usado para descrever uma observação de padrões interoperáveis) (OGC,

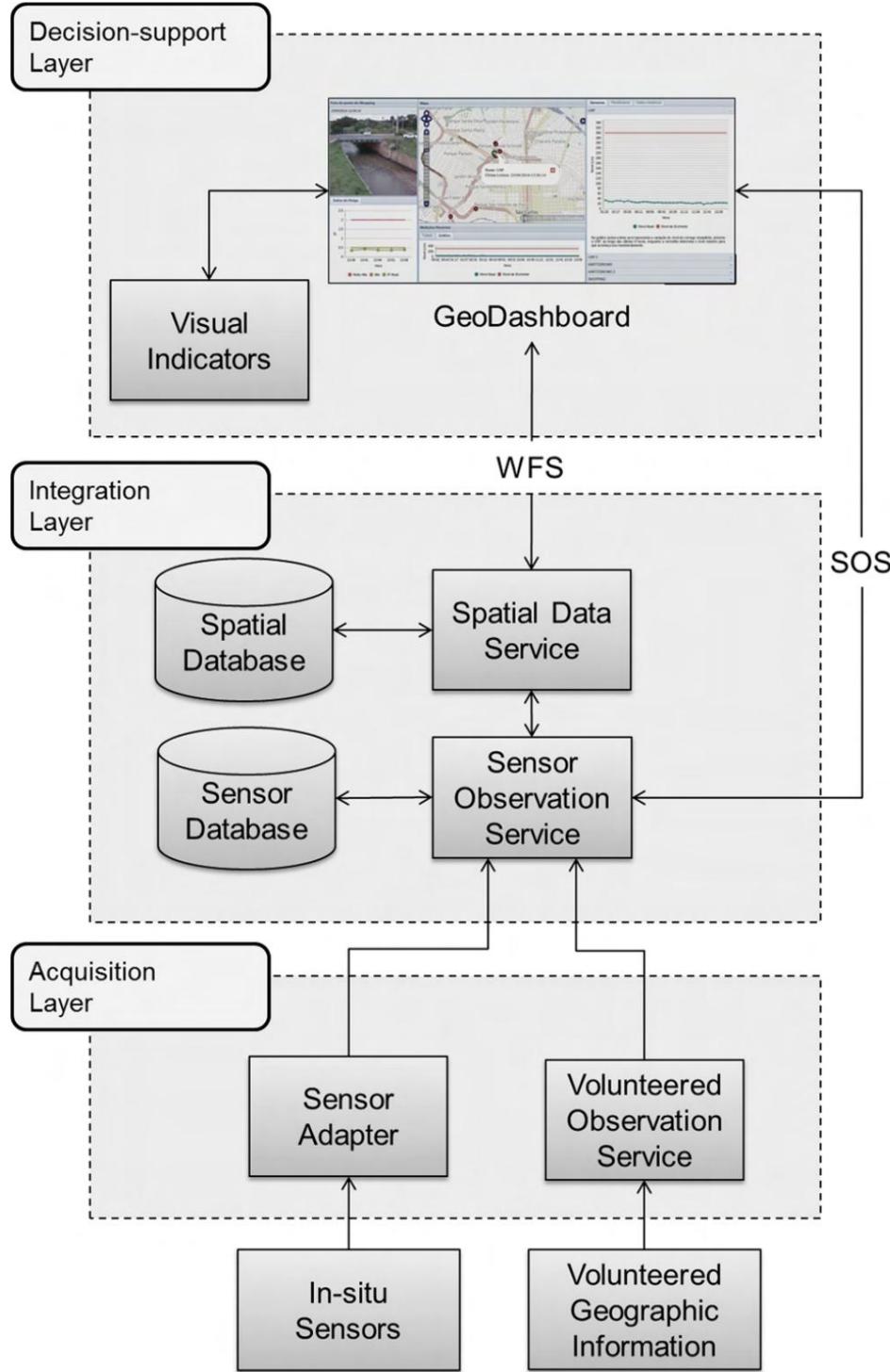


Figura 24 – Arquitetura conceitual do AGORA-DS

2013). Este adaptador transmite os dados para a camada de integração através da operação InsertObservation do Sensor Observation Service (SOS) (OGC, 2012).

O segundo adaptador denominado Serviço de Observação Voluntária é baseado em nosso trabalho anterior (DEGROSSI et al., 2014) e trata das informações fornecidas pelos voluntários. Este serviço interage com o observatório do cidadão com o objetivo de recolher informação relevante, por exemplo, o

relatórios fornecidos por voluntários. Depois disso, também executa a operação InsertObservation para transportar os dados para a camada de integração.

4.2.2 Camada de Integração

O objetivo desta camada é definir mecanismos para receber, armazenar e compartilhar os dados fornecidos pela camada de aquisição. Isso é feito adotando-se o SOS, que define interfaces tanto para receber os dados (via operação InsertObservation) quanto para compartilhá-los (via operação de serviço GetOb). Ele também armazena os dados recebidos em um banco de dados de sensores (ver modelo de dados em OGC (2012)). O SOS suporta a integração de formatos distintos de dados, bem como a interoperabilidade de fontes de dados.

Além disso, esta camada configura o Serviço de Dados Espaciais que visa converter os dados coletados no SOS para os padrões de serviço geoespacial, Web Feature Service (WFS). O WFS fornece recursos que permitem a criação, modificação e consulta de características geográficas¹ na Internet em vez de trabalhar com ele no nível do arquivo (por exemplo, raster ou shapefile) usando o File Transfer Protocol (FTP) (OGC, 2014). Consideramos o WFS ao invés do Web Map Service (WMS) porque ele suporta operações complexas de consulta sobre características geográficas que resultam em baixo tempo de processamento de dados no lado do cliente (ZHANG; LI, 2005). Além disso, o Serviço de Dados Espaciais também define um banco de dados simples para armazenar todas as informações geográficas.

Portanto, as informações podem ser compartilhadas com a camada de suporte à decisão por meio de duas operações específicas, conforme mostrado na Figura 25. Primeiramente, a operação GetFeature é processada no WFS e tem como objetivo retornar um documento para a camada de suporte à decisão contendo um conjunto de recursos geográficos disponíveis (OGC, 2014). Em segundo lugar, a operação GetObservation fornece acesso a informações integradas por meio da filtragem espacial, temporal e temática que será utilizada pelos indicadores visuais (JIRKA et al., 2012). Esta operação necessita de um conjunto de parâmetros (ver detalhes em OGC (2012)) e sua resposta é baseada nas especificações de O&M (OGC, 2013).

Essas operações permitem que a camada de suporte à decisão receba informações geográficas e integradas de forma independente.

4.2.3 Camada de Apoio à Decisão

A camada de suporte à decisão define elementos para permitir que os tomadores de decisão interpretem as informações de maneira mais eficiente e eficaz. No âmbito deste projeto, são uma ferramenta de apoio à decisão baseada na web e indicadores visuais.

A ferramenta de suporte à decisão baseada na web exibe as informações integradas fornecidas pela camada de integração para dar suporte ao gerenciamento de risco de inundação. Esta “ferramenta de suporte à decisão baseada na web” é chamada de Geodashboard. O termo “dashboard”, bastante conhecido na área de negócios

¹ Uma feição geográfica pode ser definida como um objeto que é uma abstração de um fenômeno real (OGC, 2014), por exemplo, no nosso caso, dados de sensores e informações de voluntários.

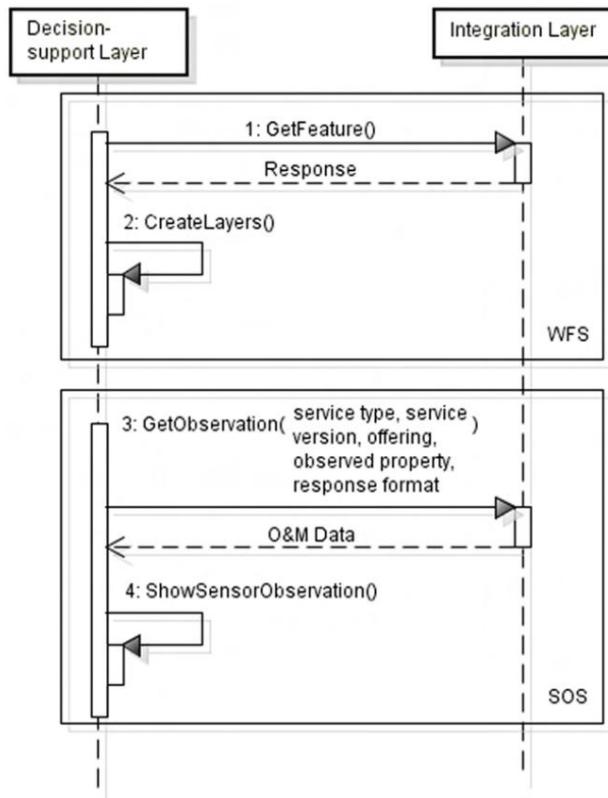


Figura 25 – A interação com a camada de suporte à decisão

analytics, refere-se a um sistema de informação que visa fornecer as informações mais importantes necessárias para apoiar a tomada de decisão em diferentes níveis organizacionais (FEW, 2006; LIANG; MIRANDA, 2001). Quando os fatores geoespaciais também são importantes para apoiar a tomada de decisão (por exemplo, localização de clientes e rotas de transporte), pode ser chamado de “Geashboard” (HORITA et al., 2014a).

Além disso, os indicadores visuais foram elaborados para mostrar as informações coletadas na camada de aquisição que foram processadas por modelos especialistas ou não, por exemplo, o nível da água em um determinado período de tempo ou a vulnerabilidade das comunidades que vivem nas proximidades do rio. Além disso, o Geashboard exibe um gráfico simples para cada sensor in-situ com o objetivo de auxiliar na análise de sua vazão e limite de inundação. Por fim, no contexto deste projeto, uma foto feita por sensor in-situ na área crítica do local de inundação, também compõe o versão atual do GeoDashboard.

4.3 AGORA-DS: Implantação e Análise

4.3.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada em São Carlos/SP, cidade que fica a 230 km de São Paulo no Brasil; tem alta densidade populacional e está em uma região frequentemente afetada por enchentes. Porque

disso, é realizado um gerenciamento de risco de inundação das bacias hidrográficas da cidade nesta área de estudo para analisar a implantação do AGORA-DS. A Figura 26 mostra os córregos do Monjolinho, Santa Maria Madalena e Tijuco Preto, todos localizados no centro da cidade de São Carlos.

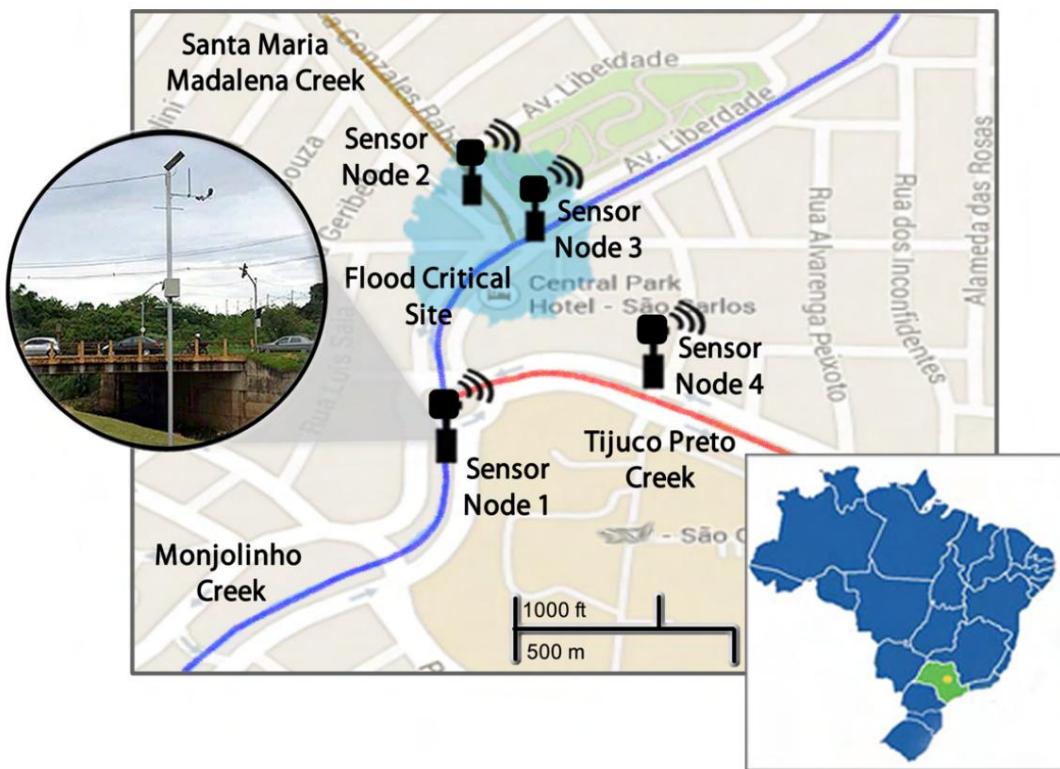


Figura 26 – A área de estudo em São Carlos/SP, Brasil

Adaptado de Horita et al. (2014a)

4.3.2 Implantação

Uma zona crítica de inundação (a área sombreada em azul na Figura 26) também é destacada no cruzamento dos córregos Santa Maria Madalena e Monjolinho, uma região com grande número de habitantes vivendo em prédios residenciais e casas e frequentemente afetada por enchentes (MENDES; MENDIONDO, 2007; BARROS; MENDIONDO; WENDLAND, 2007; PERHOVAZ, 2010; HORITA et al., 2014a). Devido a esses problemas, a área é frequentemente monitorada por uma RSSF instalada ao longo do leito do rio (HUGHES et al., 2011; DEGROSSI et al., 2013; HORITA et al., 2014a).

Além disso, os cidadãos forneceram relatórios relacionados ao nível da água em diferentes partes da área de estudo, como resultado da abordagem baseada em crowdsourcing desenvolvida por (DEGROSSI et al., 2014). Esta abordagem define quatro mecanismos de interpretação para ajudar os voluntários a ter uma melhor compreensão das variáveis ambientais, ou seja, régua de nível de água, faixa multicolorida, boneco em forma de figura humana e etiquetas gerais em vez de outros mecanismos estritos (por exemplo, o nível da água está baixo ou transbordando). Eles também foram usados para categorizar os relatos dos cidadãos (por exemplo, “área alagada”). Em seguida, esses mecanismos são empregados em um observatório do cidadão baseado na web - também conhecido como “Observatório do Cidadão da Inundação”, que é construído como uma instância do

Plataforma de crowdsourcing Ushahidi². A Figura 27 mostra a interface principal do Flood Citizen Observatory.

Figura 27 – Observatório Cidadão da Inundação (DEGROSSI et al., 2014)

Todos os relatórios fornecidos pelos cidadãos são avaliados manualmente pelo administrador do Flood Citizen Observatory antes de torná-los visíveis na Web ou acessíveis através da API REST Ushahidi. Essa avaliação é importante para melhorar a credibilidade e a qualidade das informações voluntárias compartilhadas, embora uma avaliação mais complexa esteja além do escopo deste projeto. Por fim, a Figura 28 mostra que o Serviço de Observação Voluntária obtém as categorias e solicita os relatórios dos cidadãos depois que a Observação Cidadã de Inundação os recolheu dos voluntários. Essa comunicação é abordada usando a API REST Ushahidi. A operação InsertObservation é usada posteriormente para compartilhar as informações dos cidadãos com a camada de integração.

Os dados fornecidos pelas fontes de dados mencionadas acima são posteriormente compartilhados com a camada de integração. O adaptador do sensor foi desenvolvido nesta camada usando Java Server Pages (JSP)

² <http://www.ushaidi.com/>

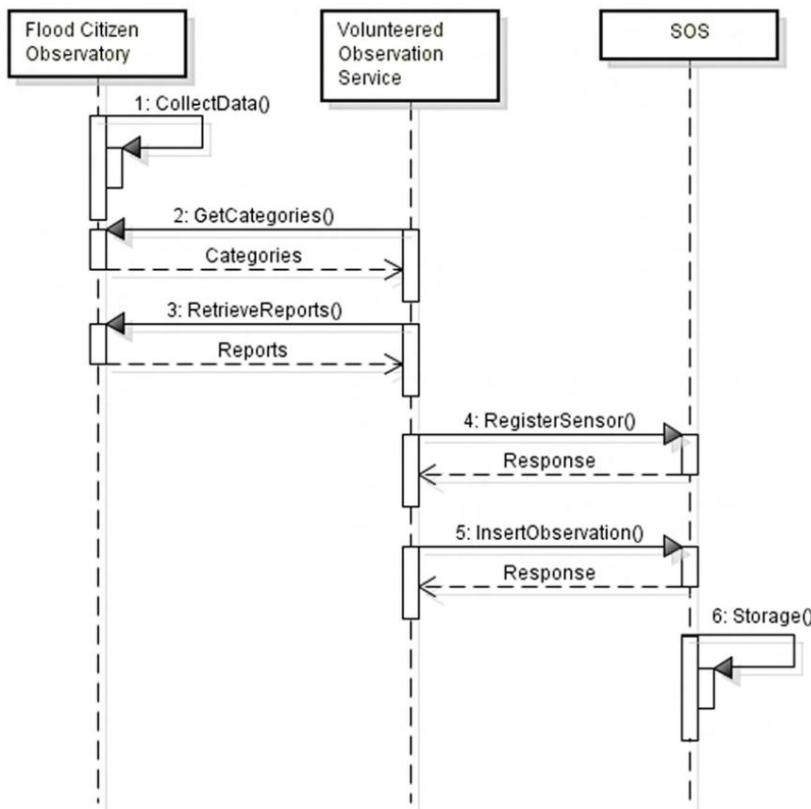


Figura 28 – Interação com o Observatório do Cidadão da Inundação

enquanto o serviço voluntário de observação usava a linguagem Java. O framework 52north³ foi utilizado como implementação do SOS (JIRKA et al., 2012). Ambos os bancos de dados, sensor e espacial, utilizaram o PostgreSQL como seu sistema de gerenciamento de banco de dados e tiveram uma extensão para o banco de dados geográfico (PostGIS). O Serviço de Dados Espaciais foi desenvolvido por meio da linguagem Java, em conjunto com o GeoServer⁴.

Por fim, o GeoDashboard foi implementado na camada de suporte à decisão com o auxílio do ExtJS⁵ com OpenLayers⁶ que são utilizados para estruturar os dados geoespaciais e exibir os indicadores visuais. Este painel exibe a fonte das informações no mapa, as informações voluntárias coletadas pelo Observatório do Cidadão da Inundação e os sensores in-situ. Além disso, o modelo de especialista adotado neste projeto é chamado de “Índice de Perigos” (ROTAVA; MENDIONDO; SOUZA, 2013). Este índice representa a perda de vulnerabilidade relacionada à instabilidade humana em fluxos de inundação. Foi definido com base nos trabalhos propostos por Jonkman & Penning Rowse (2008) e HR-Wallingford (2006) que mostram como a profundidade e a velocidade da inundação são combinadas para o equilíbrio dinâmico do corpo. Este índice está então relacionado à instabilidade humana devido a dois mecanismos físicos: instabilidade de momento (tombamento) e instabilidade de atrito (deslizamento).

³ <<http://52north.org/>>

⁴ <http://geoserver.org/>

⁵ <<http://www.sencha.com/products/extjs/>> <<http://openlayers.org/>>

⁶ openlayers.org/

4.3.3 Análise de Implantação

A análise de implantação do AGORA-DS visa reunir e classificar evidências de sua eficiência no cenário real de apoio à gestão de risco de inundações em São Carlos. Isso envolve a adoção de duas abordagens: (1) basear-se em evidências que mostram o sucesso da integração de dados e interoperabilidade entre RSSF e VGI e (2) usar evidências para mostrar a utilidade desse tipo de informação integrada para apoiar a gestão de risco de inundações.

4.3.3.1 Interoperabilidade e Integração de Dados

Conforme mencionado anteriormente, a interoperabilidade entre as fontes de dados foi alcançada por meio do SOS. Este serviço é baseado em padrões comumente acordados e tem sido empregado em diferentes contextos para facilitar a integração de dados. Os dados fornecidos – aqui denominados “Observação” – são armazenados seguindo um modelo de dados apropriado (ver em OGC (2012)). Dentro desse modelo de dados, a tabela de observação centraliza todas as informações relevantes associadas a uma observação específica, ou seja, sua data, valor observado, procedimento utilizado e propriedade observada. O procedimento refere-se à fonte que forneceu a observação, e a propriedade observada pode ser nível ou temperatura da água. Portanto, uma evidência da interoperabilidade entre as fontes de dados e integração de dados pode ser dada quando seus respectivos dados são armazenados nesta tabela.

A Figura 29 evidenciou o armazenamento de algumas observações fornecidas pela RSSF e VGI a partir da aplicação do AGORA-DS na tabela de observação do banco de dados SOS. Devido à possibilidade de haver tipos distintos de dados, ou seja, texto ou numérico, dois campos diferentes são utilizados para o valor observado. Isso foi especialmente útil para armazenar as informações complementares fornecidas pelos voluntários (por exemplo, “0,2 m”).

	date text	observedValue text	observedValue numeric	procedure character varying(100)	observedProperty character varying(100)
1	05-16-2014 10:06:07		32.97	KARTODROMO 2	GAUGE HEIGHT
2	05-16-2014 10:07:00		0.00	USP 2	GAUGE HEIGHT
3	05-16-2014 10:07:00	A altura da água é de 0,30m.		FLOOD CITIZEN OBSERVATORY	níveldeáguaacomréguia
4	05-16-2014 10:07:07		31.40	KARTODROMO 2	GAUGE HEIGHT
5	05-16-2014 10:08:00		0.00	USP 2	GAUGE HEIGHT
6	05-16-2014 10:08:07		32.97	KARTODROMO 2	GAUGE HEIGHT
7	05-16-2014 10:09:00		0.00	USP 2	GAUGE HEIGHT
8	05-16-2014 10:09:07		32.97	KARTODROMO 2	GAUGE HEIGHT
9	05-16-2014 10:09:41		21.04	USP	GAUGE HEIGHT
10	05-16-2014 10:10:00		0.00	USP 2	GAUGE HEIGHT
11	05-16-2014 10:10:00	KART 2 - 0.3m		FLOOD CITIZEN OBSERVATORY	níveldeáguaacomréguia
12	05-16-2014 10:10:07		32.97	KARTODROMO 2	GAUGE HEIGHT
13	05-16-2014 10:10:44		0.00	KARTODROMO	GAUGE HEIGHT
14	05-16-2014 10:11:00		0.00	USP 2	GAUGE HEIGHT
15	05-16-2014 10:11:00	Kartódromo 1 : 25cm		FLOOD CITIZEN OBSERVATORY	níveldeáguaabaixo
16	05-16-2014 10:11:00	0.2 m		FLOOD CITIZEN OBSERVATORY	níveldeáguaacomréguia

Figura 29 – Observações armazenadas na tabela de observação do banco de dados SOS do AGORA-DS

Além disso, a propriedade observada considerada para cada observação fornecida pelo Flood Citizen Observatory corresponde às categorias definidas na plataforma (ver Figura 28).

Já para a RSSF depende da medição do nível de água informado pelo sensor, ou seja, “GAUGE_HEIGHT”.

Além disso, outras evidências que ilustram que há interoperabilidade entre RSSF e VGI é o resultado da operação GetObservation do SOS. Isso porque esta operação recupera as observações armazenadas no SOS de acordo com as especificações de O&M (OGC, 2012). Uma observação da aplicação do AGORA-DS pode ser vista na Listagem 1. A XML estruturado fornece as mesmas informações sobre a observação que estão armazenadas na tabela de observação para cada observação. A observação exibida na Listagem 1 está, portanto, vinculada a os da linha 12 da Figura 29. As informações sobre os relatórios foram veiculadas pelos comentários no XML, ou seja, a data era 16 de maio, a propriedade observada era régua de nível d'água (que em português é “nível de água com régua”), o procedimento foi “Observação Cidadã da Inundação”, e o valor observado relatado foi “o nível da água era 0,3m”.

Código fonte 1: Retorno da operação GetObservation

```

1
2 <om:ObservationCollection ...          >
3 <gml:boundedBy>...</gml:boundedBy>
4   <sobre:membro>
5     <about:CategoryObservation ...      >
6       <about:samplingTime>
7         <gml:TimeInstant>
8           <!-- data -->
9             <gml:timePosition>2014-05-16T10:10:00.000Z</gml:timePosition>
10            </gml:TimeInstant>
11          </about:samplingTime>
12        <om:procedure xlink:href="urn:ogc:object:feature:
13          Sensor:Ushahidi:observatóriociudadão"/>
14
15        <!-- propriedade observada -->
16        <om:observedProperty xlink:href="urn:ogc:
17          def:phenomenon:OGC:1.0.30:níveldeáguaacomrégu/>
18        <om:featureOfInterest>
19          <at:SamplingPoint ...          >
20            <gml:description>NOT_SET</gml:description>
21
22          <!-- procedimento -->
23          <gml:name> OBSERVATÓRIO DO CIDADÃO DE INUNDAÇÃO</gml:name>
24          <in:sampledFeature ... />
25          <at:posição ..>
26            </at:SamplingPoint>
27          </om:featureOfInterest>
28          <om:domainFeature ... />
29          <!-- valor observado -->
30          <om:result codeSpace="null">MAP 2 - 0,3m</om:result>
31        </about:CategoryObservation>
32   </om:membro>
33 </om:ObservationCollection>
```

Assim, ambas as fontes de evidência descritas acima - as observações armazenadas no SOS banco de dados e a resposta da operação GetObservation - destacam a interoperabilidade entre RSSF e VGI e a integração dos dados fornecidos por essas fontes de dados. Deve-se notar que o AGORA-DS é totalmente compatível com os padrões interoperáveis. Estes garantem a reutilização dos dados disponíveis por outros sistemas de informação, permitem a inclusão de novas fontes de dados e facilitam o acesso aos dados para a próxima camada (ou potenciais consumidores de dados).

Por fim, a Figura 30 também apresenta uma evidência da integração de dados heterogêneos dado pelo Geodashboard. Na mesma visualização, o Geodashboard exibe os valores numéricos sobre a vazão da água (especialmente os dados brutos e o índice de risco calculado) e uma foto fornecida pelo sensor in situ, denominada "SHOPPING". Assim, esta visualização integrada pode fornecer mais informações sobre a situação geral com o objetivo de apoiar a análise dos tomadores de decisão.

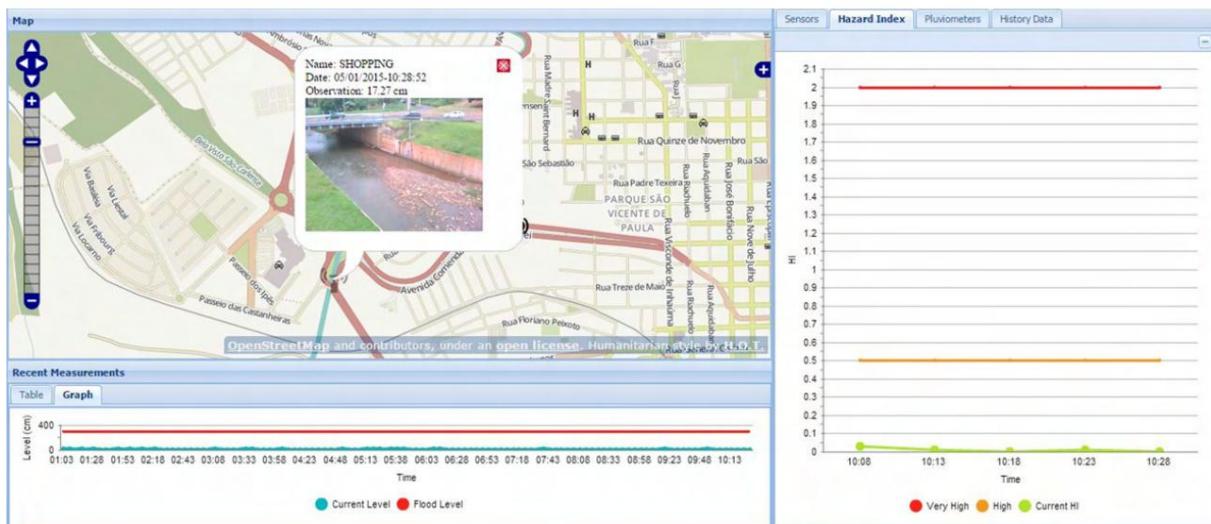


Figura 30 – Visualização integrada de dados heterogêneos

4.3.3.2 Apoio à Gestão de Risco de Inundação: Lições Aprendidas

O uso de informações integradas coletadas via RSSF e VGI permite avaliar os dados coletados pelos sensores in-situ e fornecer dados sobre áreas mal aferidas ou não aferidas. No caso da avaliação de dados, o VGI apoia a análise dos tomadores de decisão para fornecer dados do mesmo local que os sensores in-situ, por exemplo, os cidadãos informam que o nível da água em um local específico do leito do rio é de 50 cm no nível da água Réguia enquanto os sensores indicam que é 10cm. Isso pode ser porque o sensor está quebrado, precisa ser recalibrado ou requer uma troca bateria.

Em 16 de maio de 2014, este fato foi testemunhado na área de estudo. Às 09h28, utilizando o Observatório do Cidadão da Inundação, um cidadão relatou que o nível da água no local específico monitorado pelo nó sensor 4 – denominado USP 2 – media 30cm no mecanismo da régua de nível d’água, embora o indicador visual do respectivo sensor estivesse medindo 0 cm, como mostra a Figura 31. Após a verificação manual, verificamos que o sensor estava entupido com lama do rio.

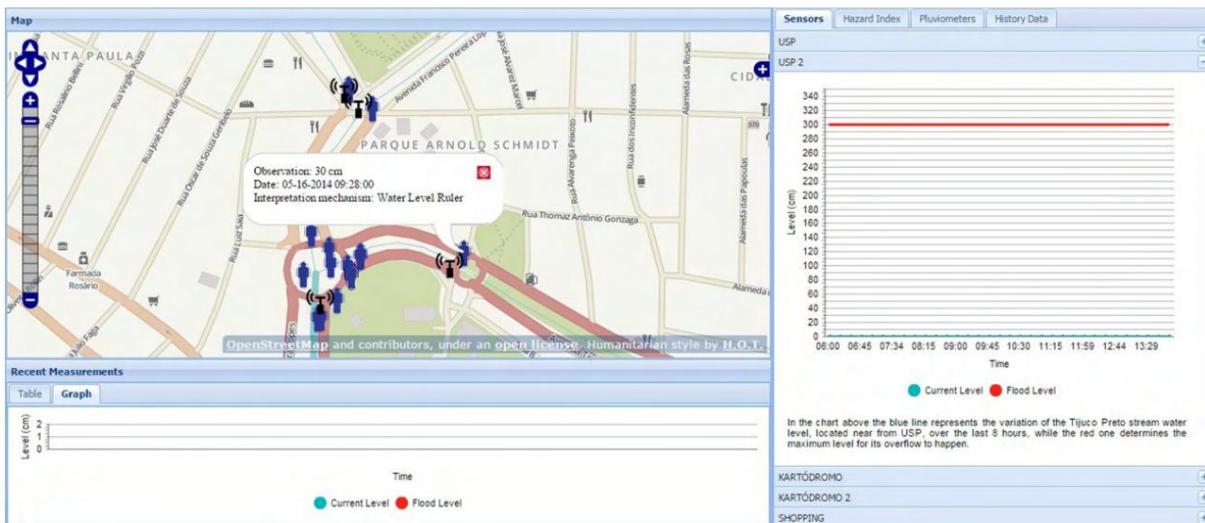


Figura 31 – Relatório do cidadão utilizado para avaliação dos dados do sensor

No mesmo dia, os cidadãos reportaram a situação atual do leito do rio recorrendo ao Observatório do Cidadão da Inundação. A Figura 32 ilustra um exemplo desses relatórios no Geodashboard que foi fornecido por um voluntário. O mecanismo geral de tag do Flood Citizen Observatory foi usado pelo voluntário para estimar o nível da água como “Normal”. Como pode ser visto no gráfico ao lado direito da Figura 32, esta informação voluntária é coerente com os dados coletados pelo sensor in-situ denominado “Kartódromo 2”, que fica mais próximo da área observada pelo voluntário. Essa situação mostra, portanto, que a VGI pode ampliar efetivamente a cobertura das áreas monitoradas.

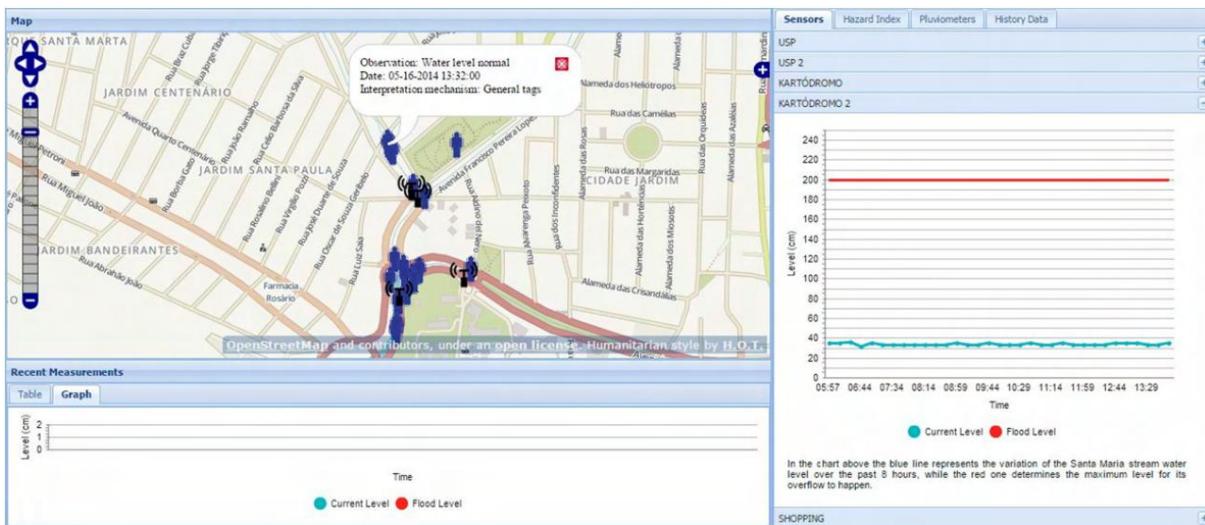


Figura 32 – Relato do cidadão da área não aferida

4.4 Discussão

A implantação descrita na seção anterior fornece evidências do uso efetivo do AGORA-DS para combinar fontes de dados heterogêneas e para apoiar a tomada de decisões no gerenciamento de risco de inundação.

Percebe-se que a integração de fontes de dados heterogêneas fornece informações mais completas, precisas e atualizadas sobre a situação nas áreas afetadas. Embora os dados oficiais tenham fornecido informações úteis, eles ainda precisam ser complementados por outras informações para estimar a situação geral, por exemplo, é difícil determinar a situação fora da área coberta pelos sensores *in situ*. Esses achados sobre as vantagens do uso de fontes de dados distintas estão em consonância com os de estudos anteriores (SCHNEBELE; CERVONE; WATERS, 2014; WAN et al., 2014). No entanto, as abordagens adotadas por esses estudos abordam apenas a questão da integração sem atender a nenhum padrão interoperável. Como resultado, isso pode restringir a possibilidade de incluir fontes de dados adicionais. Em contrapartida, em nosso estudo, empregamos esses padrões para que as fontes de dados pudessem ser incluídas de maneira mais flexível.

Em nossa abordagem, a integração de fontes de dados distintas é facilitada por adaptadores responsáveis por coletar dados heterogêneos e convertê-los em formatos de dados uniformes e padrões interoperáveis, conforme definido pela camada de integração. Isso ocorre porque a maioria das fontes de dados têm suas próprias estruturas de dados e empregam formatos distintos (por exemplo, valores fotográficos e numéricos) para a mesma propriedade observada (por exemplo, o nível da água) e uma periodicidade diferente de fornecimento de dados. Em relação à estrutura dos dados, eles podem ser bem estruturados (por exemplo, nível de água fornecido por sensores *in situ*), semiestruturados quando é necessária alguma informação complementar (por exemplo, categorias do observatório do cidadão), ou não estruturados quando são necessárias técnicas de inferência (por exemplo, redes sociais). Assim, este capítulo se baseia e estende trabalhos anteriores que utilizam adaptadores para integração de dados de geossensores (BROERING et al., 2010; BROERING; JIRKA; FOERSTER, 2010; KOGA; MEDEIROS, 2012). Isso é realizado usando adaptadores para encapsular as diferentes fontes de dados, convertendo os dados disponíveis em especificações padronizadas (ou seja, o esquema de O&M) e enviando-os para o serviço da Web apropriado (por exemplo, SOS). Dessa forma, conseguimos lidar com as discrepâncias e características idiossincráticas nos dados.

Além disso, as vantagens de empregar um dashboard para transmitir as informações integradas aos tomadores de decisão também devem ser consideradas neste projeto. Ao contrário dos sistemas de informação com diversas funções que podem gerar sobrecarga de informações, os dashboards concentram todas as informações necessárias em uma única tela por meio de indicadores visuais comprehensíveis. Isso pode, assim, ser considerado uma extensão de estudos anteriores (ZHANG; LI, 2005; MARKOVIC; STANIMIROVIC; STOIMENOV, 2009; MOLINA; BAYARRI, 2011) na medida em que permite analisar as informações e deixa claro a quantidade de informação que está disponível.

Por fim, as lições aprendidas com a implantação em um cenário real confirmaram que

AGORA-DS traz contribuições relevantes para a gestão de risco de inundações. Isso foi evidenciado pela análise dos dados integrados fornecidos pelos sensores *in situ* e pelos relatórios dos cidadãos. Isso se soma aos estudos experimentais existentes, que indicam que as observações cidadãs dos níveis dos rios podem ser consideradas estatisticamente equivalentes aos dados adquiridos de sensores *in situ* (DEGROSSI et al., 2014; MOREIRA; DEGROSSI; ALBUQUERQUE, 2015). No entanto, até onde sabemos, este é o primeiro estudo a avaliar a integração, visualização e utilidade de fontes de dados heterogêneas (ou seja, RSSF e VGI) usando uma implantação do mundo real em vez de cenários simulados. Assim, os resultados indicam que a abordagem aqui descrita pode efetivamente alavancar informações voluntárias para complementar os dados dos sensores.

4.5 Observações Finais

Este capítulo delineou o AGORA-DS, um SDSS projetado para apoiar a tomada de decisões de agências de emergência combinando WSN e VGI. Foi implementado com base em uma arquitetura conceitual, que emprega padrões de interoperabilidade. Os resultados de nossa implantação em um cenário real mostraram que o AGORA-DS é capaz de combinar informações fornecidas por WSN e VGI e exibi-las de uma maneira que pode ser útil para o gerenciamento de risco de inundações. Essa integração pode apoiar a tomada de decisões de órgãos de emergência, melhorando a manutenção e avaliação de RSSF, além de fornecer dados de área mal aferida ou não aferida por meio de VGI. Eles também mostram que padrões interoperáveis bem conhecidos são apropriados para lidar com essa integração e interoperabilidade de fontes de dados heterogêneas. Esses padrões garantem que os dados disponíveis possam ser usados novamente; eles também facilitam a inclusão de novas fontes de dados e o acesso a dados integrados para potenciais consumidores de dados.

Além disso, ficou claro com os resultados do estudo que a tomada de decisão pode ser aprimorada por meio de um melhor entendimento de quais fontes de dados são mais apropriadas para fornecer as informações exigidas por uma decisão. Portanto, o próximo capítulo apresenta uma estrutura baseada em modelo que descreve a conexão das tarefas e decisões dos tomadores de decisão com os dados. fontes.



UMA ESTRUTURA BASEADA EM MODELO QUE CONECTA A TOMADA DE DECISÃO AOS DADOS FONTES

5.1 Visão geral

Com a adoção generalizada de smartphones, plataformas de mídia social e tecnologias vestíveis, houve não apenas um aumento na quantidade de dados disponíveis, mas também uma proliferação de novas fontes de dados. Todos esses “big data” têm o potencial de transformar todo o processo de negócios (GOPALKRISHNAN et al., 2012; WAMBA et al., 2015), além de fornecer maior suporte à tomada de decisão em diferentes contextos, como gestão e marketing (KOSCIELNIAK; PUTO, 2015; YOU et al., 2015). No entanto, há ainda desafios de conexão entre a organização com as fontes de dados, por exemplo, como determinar quais fontes de dados podem fornecer informações úteis para avaliar as tendências do mercado?

A razão desse desafio é que, apesar dos dados disponíveis poderem ser de grande valia no apoio à tomada de decisão, muitas vezes eles não chegam aos tomadores de decisão de forma adequada (VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014). Como resultado, os tomadores de decisão são fornecidos com informações inúteis que ainda requerem conhecimento ou experiência estendidos para processamento de dados adicionais. Isso também dificulta a previsão do impacto que uma mudança na disponibilidade de dados pode ter em tarefas específicas, pois é praticamente impossível descobrir se e onde há falta de informação.

À luz desse desafio, os padrões e notações existentes de modelagem de negócios (ou seja, BPMN e DMN) poderiam ser usados neste contexto. No entanto, eles não representam claramente a conexão entre as informações necessárias para tomar uma decisão e as fontes de dados. Para atender a essa necessidade, complementamos os padrões e notações existentes (ou seja, BPMN e DMN) conduzindo o DSR para desenvolver e avaliar o oDMN+ Framework, uma nova abordagem para conectar a tomada de decisões a fontes de dados úteis. Este quadro é composto por doi

características essenciais: (1) oDMN+, um modelo geral de várias camadas e notação para mapear sistematicamente as tarefas e decisões dos tomadores de decisão para fontes de dados, e (2) um processo de modelagem para empregar sistematicamente oDMN+ na prática, ou seja, para modelar o características específicas de determinados cenários de tomada de decisão.

Este capítulo está estruturado da seguinte forma. A Seção 5.2 descreve a metodologia empregada nesta pesquisa que forma a base da Estrutura oDMN+ estabelecida na Seção 5.3. Seção 5.4 descreve o estudo de caso usado para avaliar a estrutura e, finalmente, a Seção 5.5 discute as lições aprendidas com este estudo de caso e as contribuições alcançadas nesta pesquisa.

Este capítulo resume os principais resultados do artigo “Bridging the gap between decision-making and emergentes big data sources: an application of a model-based framework to desastre management in Brazil”, publicado na revista Decision Support Systems (HORITA et al. , 2017).

5.2 Desenho e Métodos de Pesquisa

Este projeto de pesquisa baseia-se na hipótese de que um artefato de modelo pode ser usado como um meio eficaz de descrever a conexão das tarefas e decisões dos tomadores de decisão com as fontes de dados. Por esta razão, realizamos um método DSR para projetar e avaliar um artefato, conforme mostrado na Tabela 9. Entendemos um artefato segundo Hevner et al. (2004) como “uma coisa que pode ser transformada em material (por exemplo, modelo) ou processo (por exemplo, método)”. Este método é um meio particularmente eficaz de desenvolver e avaliar novos artefatos que podem resolver problemas organizacionais identificados (HEVNER et al., 2004). Neste capítulo, o artefato projetado é o Framework oDMN+, que é composto por dois recursos: (1) o modelo e notação multicamadas oDMN+ e (2) um processo de modelagem. As diretrizes da Hevner foram adotadas para garantir a qualidade e o rigor do nosso método DSR.

O lado esquerdo da Tabela 9 mostra as atividades envolvidas no método DSR enquanto o lado direito exibe suas descrições. Vale ressaltar que este capítulo em si pode ser considerado como a “comunicação da pesquisa”, pois atende à Diretriz 7 de Hevner - Comunicação da Pesquisa. As próximas seções fornecem mais informações sobre cada atividade.

5.2.1 Atividade 1: Problema de Pesquisa

Conforme explicado anteriormente, a literatura existente ainda carece de estudos de pesquisa preocupados em criar uma representação conceitual que interligue todos os elementos necessários para estabelecer um vínculo entre as fontes de dados e as tarefas e decisões dos tomadores de decisão, ou seja, derivar os requisitos de informação do processo decisório. -tarefas e decisões dos criadores e, em seguida, vincular esses requisitos às fontes emergentes de big data. A revisão do estado da arte também evidencia a carência de estudos de pesquisa onde a modelagem de decisões e fontes de dados estejam inseridas em seu processo de modelagem; os trabalhos existentes restringem-se à elicitação e

Tabela 9 – Método DSR.

Atividades	Descrição
Ato 1. Problema de pesquisa	O problema desta pesquisa está em: (a) fornecer uma notação de modelagem que é capaz de preencher a lacuna entre a tomada de decisão e as fontes de dados, e (b) criar um processo de modelagem que apoie os analistas nessa tarefa. Assim, esses problemas levam à seguinte pesquisa pergunta: Como as tarefas dos tomadores de decisão podem ser conectadas às fontes emergentes de big data?
Ato 2. Projeto como um artefato	O desenvolvimento do framework oDMN+ , que é composto por dois recursos: (1) oDMN+, um multi-layered modelo e notação, e (2) um processo de modelagem.
Ato 3. Projeto avaliação	A conexão das tarefas dos tomadores de decisão com os dados fontes através de um estudo de caso no Cemaden, bem como avaliação empírica dos diagramas de modelo gerados com membros do Cemaden em sessões de grupos focais.
Ato 4. Contribuições de pesquisa	As contribuições aqui são três: (1) oDMN+, um modelo e notação de várias camadas, (2) um processo de modelagem e (3) lições aprendidas com o emprego de a estrutura em um estudo de caso.
Ato 5. Re rigor de pesquisa	Este trabalho tem fundamentos teóricos em modelos padrão da área de Processos de Negócios Modelagem (BPM) e técnicas de análise qualitativa , recursos analíticos testados e avaliação empírica métodos.
Ato 6. Projeto como um profissional de pesquisa cesso	Esta pesquisa estende nosso trabalho anterior e, portanto, representa o segundo ciclo de melhorias no quadro .

modelagem dos processos de negócio. O problema desta pesquisa reside, portanto, em: (a) fornecer uma notação de modelagem que é capaz de preencher a lacuna entre a tomada de decisão e as fontes de dados, e (b) criar um processo de modelagem que apoie os analistas nessa tarefa. Assim, esse problema leva a a seguinte questão de pesquisa: Como as tarefas e decisões dos tomadores de decisão podem ser conectadas para fontes emergentes de big data?

5.2.2 Atividade 2: Design como Artefato

O artefato projetado nesta pesquisa é um framework chamado oDMN+ Framework que comprehende duas características essenciais: (1) o **oDMN+**, um modelo multicamadas e notação para descrevendo a conexão entre as tarefas dos tomadores de decisão e as decisões com as fontes de dados; e (2) um **processo de modelagem** que define um conjunto de atividades para obter elementos conceituais de tomadores de decisão e empregando o oDMN+ na prática.

5.2.3 Atividade 3: Avaliação do Projeto

Para avaliar o framework oDMN+, empregamos o framework projetado para modelagem de um estudo de caso no Cemaden no Brasil. Este cenário foi escolhido porque, como mencionado anteriormente, é um cenário notável de tomada de decisão dentro de um contexto de “big data”, que muitas vezes é caracterizado por dimensões como volume, velocidade, variedade e veracidade. Portanto, a articulação entre a tomada de decisão e as fontes de dados deixa clara a relação entre atividades e decisões e é capaz de apontar as informações e regras de decisão exigidas por cada decisão.

Duas atividades foram adotadas para esta avaliação. Em primeiro lugar, o emprego do oDMN+ no estudo de caso do Cemaden produziu um conjunto de diagramas de modelo incluindo os diagramas de processos de negócios e um modelo com as decisões, requisitos de informações e dados de entrada, juntamente com as fontes de dados. Portanto, os diagramas de modelo gerados por nossa estrutura fornecem uma primeira fonte de evidência sobre a eficácia da estrutura oDMN+ para conectar as tarefas e decisões dos tomadores de decisão com as fontes de dados. Adicionalmente, os diagramas de modelo gerados também foram avaliados em conjunto com os membros do Cemaden. Para isso, realizamos sessões de grupos focais com o objetivo de coletar feedback da prática sobre a eficácia da estrutura, bem como identificar recomendações para melhorias e/ou obter novos insights (ver Apêndice B). Os grupos focais também forneceram evidências sobre se o processo de negócios modelado, a decisão e as fontes de dados foram implementados no contexto de um centro brasileiro de alerta precoce.

5.2.4 Atividade 4: Contribuição de Pesquisa

A contribuição desta pesquisa é tripla: (1) o oDMN+, um modelo e notação multicamadas que descreve a ligação das tarefas e decisões dos tomadores de decisão com fontes de dados, (2) um processo de modelagem usado para empregar o oDMN+ e colocando-o em prática e (3) as lições aprendidas com o emprego do framework em um estudo de caso no Cemaden. Os resultados obtidos nesta pesquisa também contribuem para a prática ao proporcionar uma melhor compreensão da ligação entre a tomada de decisão com as fontes de dados em um centro de alerta precoce brasileiro.

5.2.5 Atividade 5: Rigor de Pesquisa

O rigor científico na pesquisa em design implica o uso efetivo de fundamentos teóricos e metodologias de pesquisa apropriadas (HEVNER et al., 2004). O uso de modelos e notações padrão é bastante difundido na área de modelagem de processos de negócios, por exemplo, o BPMN vem apoiando a modelagem de diferentes processos de negócios desde empresas de compras até transporte e gestão em logística humanitária. Além disso, o DMN preencheu a lacuna entre a modelagem de decisões e sua aplicação a tarefas envolvendo processos de negócios. Nesta pesquisa, tanto o BPMN quanto o DMN foram os principais fundamentos teóricos no desenvolvimento do modelo multicamadas e notação do Framework oDMN+. Posteriormente, estes foram complementados por uma extensão do O&M, que fornece uma interface entre as observações fornecidas pelos dados

fontes e os dados de entrada do DMN. Juntos, esses padrões compõem o pano de fundo do modelo multicamadas e a notação do oDMN+ Framework.

Em relação aos métodos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, a UML foi usada para projetar o metamodelo oDMN+ por ser uma linguagem padrão bem conhecida e difundida tanto na prática quanto na pesquisa. Além disso, o estudo de caso foi realizado em um cenário de caso real seguindo um protocolo que foi elaborado em conjunto com profissionais e pesquisadores do Cemaden com sólida experiência em pesquisa empírica. A análise do estudo de caso empregou a codificação técnica idealizada por Saldaña (2015) e baseada nos recursos analíticos propostos por Horita et al. (2016). As diretrizes propostas por Peterson (2000) foram empregadas na construção do instrumento de pesquisa por questionário, que serviu de base para a avaliação dos diagramas do modelo gerado no estudo de caso. Por fim, as sessões de grupo focal foram conduzidas, orientadas e facilitadas por um moderador que seguiu um protocolo de condução que foi elaborado em colaboração com os profissionais. Essas sessões foram particularmente importantes porque permitiram discussões aprofundadas entre todos os participantes, aumentando a riqueza das informações obtidas (RUNESON; HÖST, 2008).

5.2.6 Atividade 6: Design como um Processo de Pesquisa

Em nosso trabalho anterior, projetamos um modelo e notação integrados para conectar a tomada de decisão com fontes de dados emergentes (HORITA et al., 2016). Uma aplicação no terremoto de 2015 no Nepal não apenas forneceu evidências da eficácia desse modelo e notação integrados, mas também mostrou alguns pontos que precisavam de melhorias. Levando em conta esses pontos, a presente pesquisa é uma extensão do modelo anterior que inclui também uma avaliação realizada em um cenário diferente. Como resultado, o modelo anterior foi aprimorado e um novo artefato foi projetado.

5.3 Estrutura oDMN+ : uma estrutura para conectar a decisão fazendo com fontes de dados

Esta seção apresenta o framework oDMN+, descrevendo seus recursos essenciais: o oDMN+ e o processo de modelagem.

5.3.1 oDMN+: um modelo e notação multicamadas

Como o oDMN+ visa descrever a conexão entre as tarefas dos tomadores de decisão e as decisões com as fontes de dados, suas principais características foram separadas de acordo com seus objetivos funcionais. Isso resultou em uma estrutura baseada em camadas que consiste em três camadas (Figura 33): (1) a camada de processo de negócios, (2) a camada de decisão e (3) a camada de dados.

Para começar, o processo de negócios é definido na camada de processo de negócios. A modelagem desses elementos pode ser realizada usando BPMN. Após a conclusão da modelagem do processo de negócios, todas as atividades vinculadas a uma decisão são modeladas na camada de decisão usando o DMN. Na camada de dados, as fontes de dados usadas para fornecer as informações necessárias para uma decisão são modeladas usando uma versão estendida do O&M (OGC, 2013). A Figura 33 mostra a relação entre essas camadas e as linguagens de modelagem empregadas.

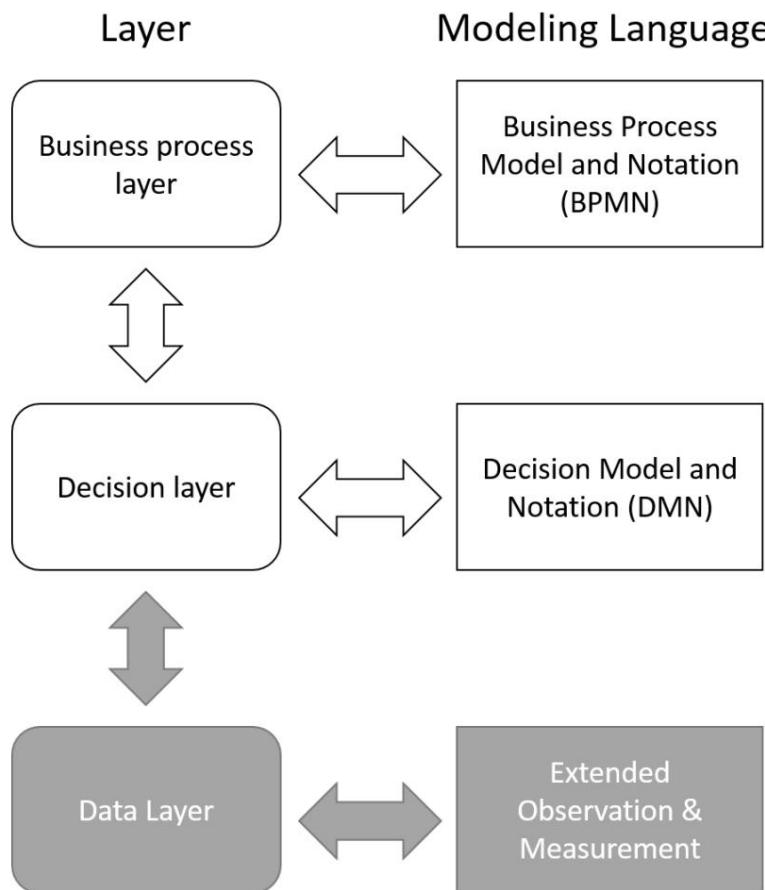


Figura 33 – Arquitetura conceitual do oDMN+. Na figura, os elementos evidenciados em cinza são aqueles propostos nesta pesquisa, enquanto os demais já existem na literatura.

Assim como as notações de modelo BPMN e DMN visam fornecer reusabilidade, entendimento comum e fácil compartilhamento de informações entre os diferentes stakeholders, o oDMN+ complementa essas notações ao incluir uma representação gráfica da conexão da camada de decisão com uma nova camada de dados, conforme mostrado em Tabela 10.

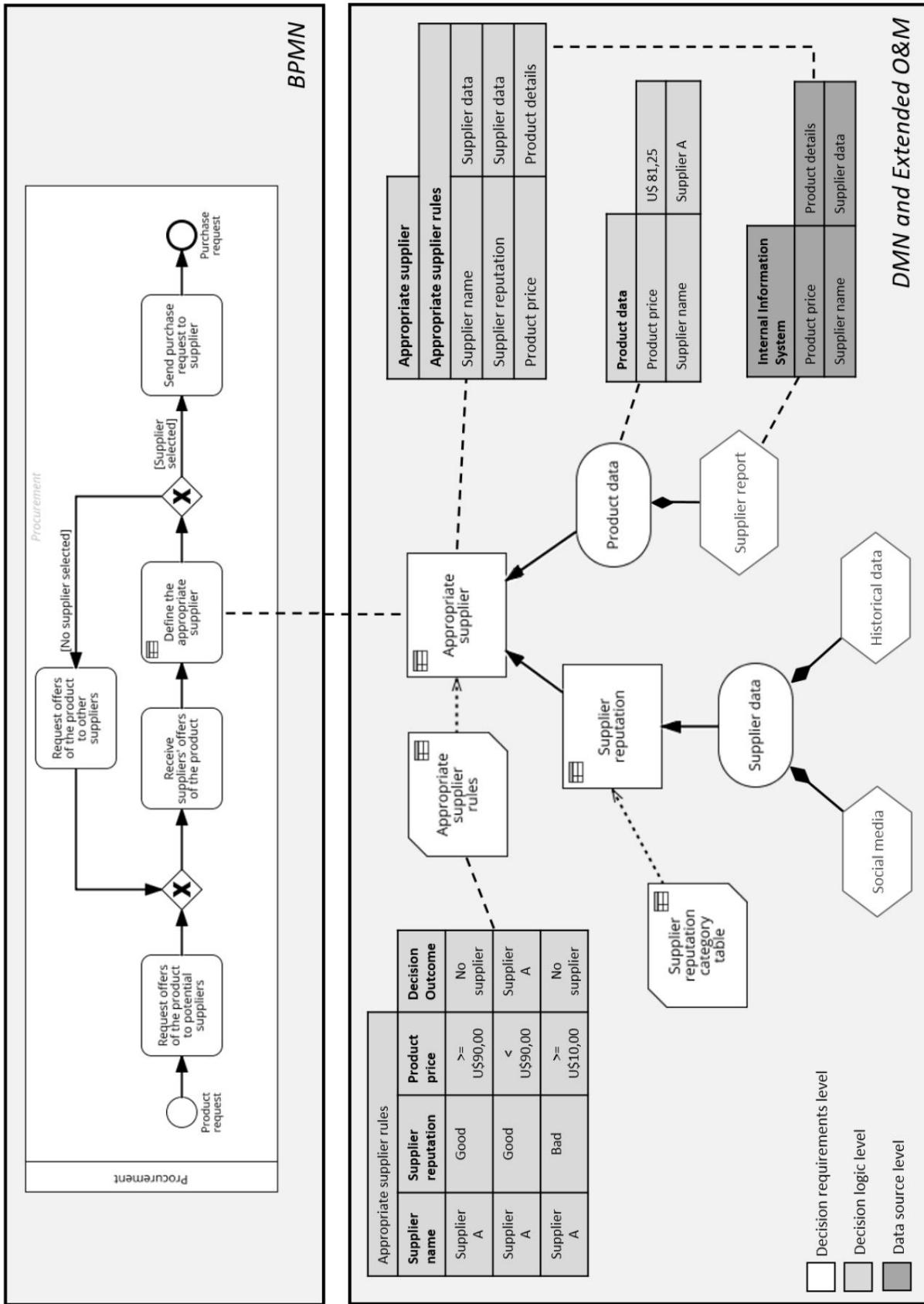
Para dar uma primeira ideia do uso prático do oDMN+, a Figura 34 apresenta um exemplo que faz uso do modelo para representar a tomada de decisão envolvida na solicitação de um novo produto. Essa decisão consiste na seleção de um fornecedor para a compra de um determinado produto e leva em consideração a reputação do fornecedor e seu preço pelo produto. Na parte superior da Figura 34, há um processo de negócios e suas tarefas que são modeladas usando a notação BPMN. Dentro disso, uma tarefa específica (“Definir o fornecedor apropriado”) envolve uma decisão (“Fornecedor adequado”), que é modelada na parte inferior usando a notação DMN e O&M estendido

Tabela 10 – Nova representação gráfica incluída pelo oDMN+.

Elementos	Descrição
 Data Source	Representa a fonte de dados que pode fornecer dados de entrada (ou: observação)
 Associated Data Source	Indica a fonte de dados associada a um dado de entrada (ou: observação)

notação. A decisão requer um item de informação (“Dados do produto”), bem como o resultado de outra decisão (“reputação do fornecedor”). Também emprega uma tabela de decisão (“regras de fornecedores adequados”) para processar os itens de informação necessários. O valor destes itens é assim fornecido por uma fonte de dados externa (“relatório do fornecedor”).

Com relação à modelagem de decisões, o DMN separa os componentes em duas categorias: o requisito de decisão (as formas em branco) e a lógica de decisão (as formas em cinza claro), O&M estendido faz parte da primeira categoria (requisito de decisão). Por meio do nível lógico de decisão, os componentes necessários de uma decisão são definidos na tabela superior do lado direito (“Fornecedor adequado”). Os itens de informação fornecidos pelos dados de entrada e seus valores são definidos na tabela do meio (“Dados do produto”) enquanto as regras de decisão do conhecimento do negócio são determinadas na tabela do lado esquerdo (“Regras do fornecedor apropriado”). Finalmente, as observações fornecidas pela fonte de dados são mostradas na tabela na parte inferior. A fonte de dados combina observações com propriedades, que por sua vez estão relacionadas às propriedades definido para a decisão.



A representação gráfica é seguida pelo desenvolvimento de um metamodelo que descreve seus elementos e suas relações. Portanto, o oDMN+ também inclui um metamodelo em UML para descrever a conexão entre as tarefas e decisões dos tomadores de decisão e as fontes de dados, conforme mostrado na Figura 35. Em conformidade com a arquitetura conceitual (Figura 33), os elementos do oDMN+ metamodelo foram separados em três camadas: processo de negócios, decisão e dados. Todos os novos elementos propostos nesta pesquisa estão destacados em cinza, ou seja, AssociatedDataSource, DataSource, TypeOfDataSource e as setas conectando as camadas de decisão e de dados. Os outros elementos, representados em branco, foram propostos anteriormente como parte de BPMN, DMN e O&M. Para simplificação, apenas os elementos de BPMN e DMN que estão relacionados ao oDMN+ foram apresentados na Figura 35.

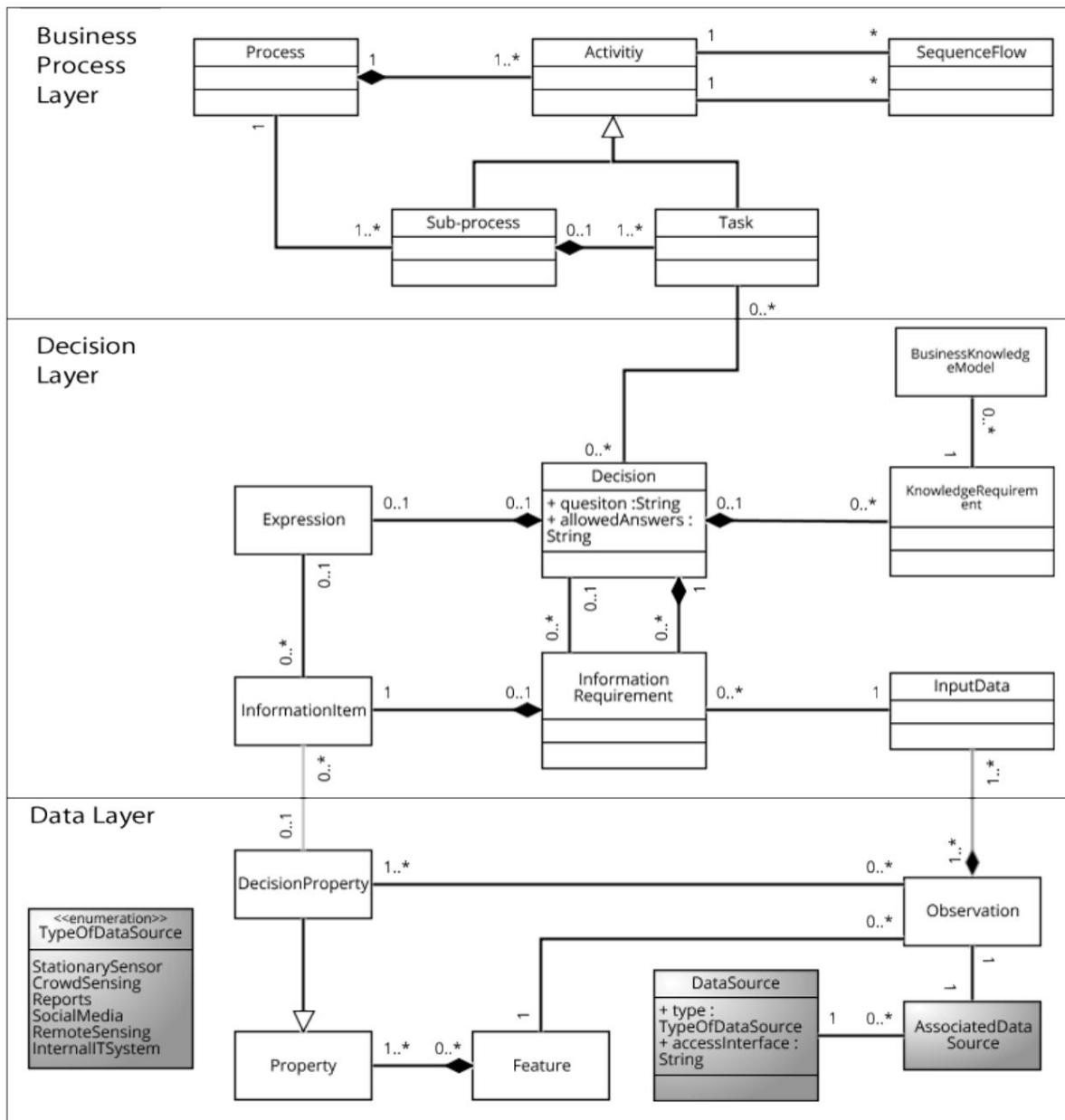


Figura 35 – metamodelo oDMN+.

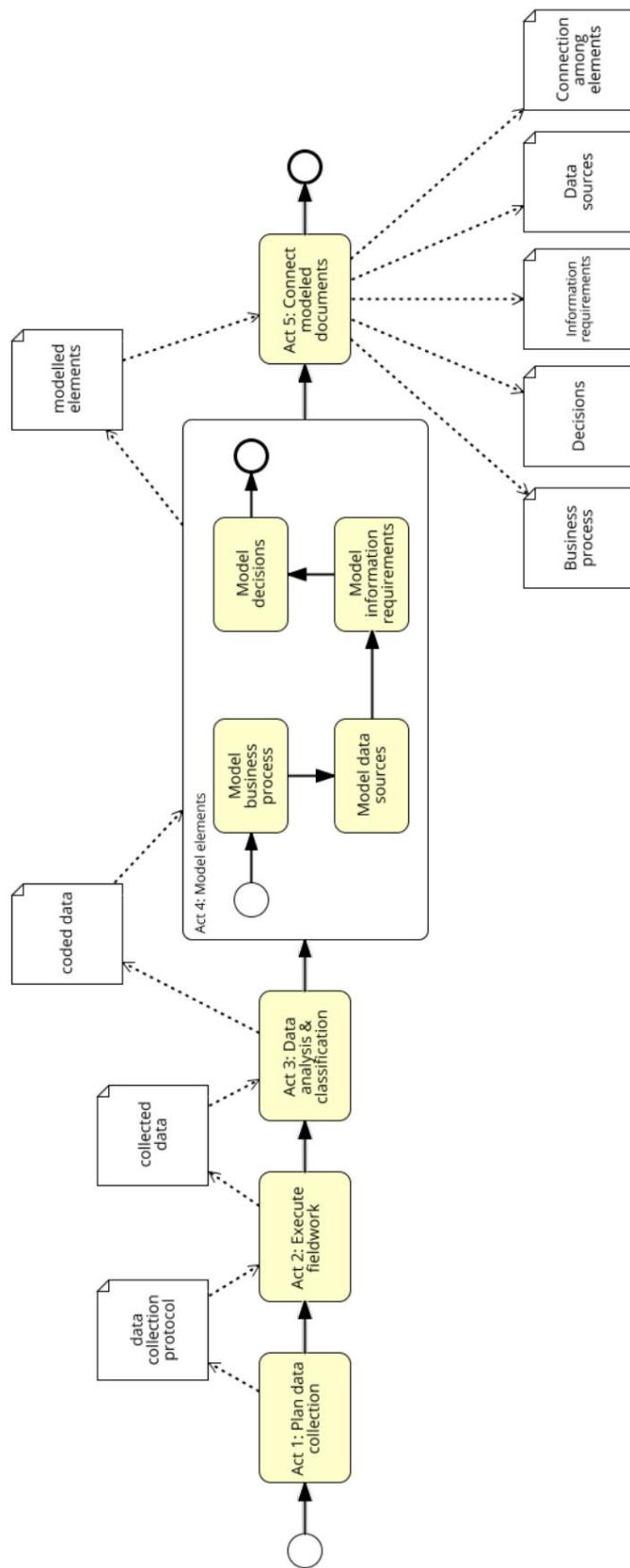
5.3.2 O Processo de Modelagem

O uso prático do oDMN+ consiste em identificar elementos conceituais de um determinado contexto de aplicação e traduzi-los em um diagrama de modelo. Para apoiar isso, propomos um processo de modelagem (Figura 36), que define uma sequência sistemática de cinco atividades para o emprego do oDMN+.

O objetivo da Atividade 1, **planejar a coleta de dados**, é produzir um protocolo que defina o método de coleta de dados e os recursos analíticos para orientar o processo de modelagem na prática. O método de coleta de dados fornece a base para a coleta de dados nesse contexto junto aos seus tomadores de decisão. As características analíticas são fator chave para determinar os elementos conceituais do contexto de aplicação (por exemplo, as atividades, as decisões ou fluxos de sequência) (HORITA et al., 2016). Por isso, são posteriormente utilizados como base para a definição do esquema de codificação. A atividade 2, realizar **trabalho de campo**, implementa os instrumentos de coleta de dados previamente definidos, por exemplo, realização de entrevistas com tomadores de decisão em um contexto de aplicação.

Após o trabalho de campo, os dados coletados são utilizados na Atividade 3, **análise e classificação dos dados**, que consiste em empregar uma técnica de codificação para subsidiar a análise e classificação dos dados. A codificação é uma técnica analítica empregada para extraír dados quantitativos de conjuntos de dados qualitativos, como as transcrições de entrevistas (SALDAÑA, 2015). Em primeiro lugar, os recursos analíticos definidos no protocolo de coleta de dados são usados para derivar as categorias de codificação, que comporão o esquema geral de codificação. Este esquema é empregado na análise de cada conjunto de dados dos dados coletados. Em outras palavras, quando o analista de modelagem encontra uma referência a uma categoria específica durante a análise de um conjunto de dados, ele a atribui a essa categoria específica. Se uma referência não se encaixa em nenhuma categoria disponível, o analista de modelagem pode criar uma nova categoria ou refinar uma já existente. Dessa forma, o esquema de codificação é refinado e aprimorado para representar apenas as categorias relevantes. Como resultado, todos os dados codificados serão usados como entrada para a Atividade 4, **elementos do modelo**.

Com base nos dados codificados, a modelagem dos elementos é realizada por meio de quatro tarefas, cada uma responsável por produzir um diagrama de modelo específico. A modelagem de processos de negócios deve ser definida primeiro. Isso compreende a análise de todas as referências atribuídas às categorias “Atividade” e “Fluxo de Sequência” do esquema de codificação. Após isso, as fontes de dados que fornecem dados úteis para a tomada de decisão devem ser identificadas a partir da análise da categoria “Fontes de dados”. Obtidas as fontes de dados, é compilado um catálogo dos requisitos de informação após a revisão de todas as referências à categoria “Requisito de Informação”. Na última tarefa, as decisões são primeiramente listadas por meio de uma análise das atividades. Depois disso, tanto o conhecimento do negócio quanto seus dados de entrada são planejados de forma a fornecer uma base sólida para a tomada de decisão. Ao todo, estes serão utilizados na atividade final de interligação os elementos modelados.



O objetivo final da Atividade 5, **conectar elementos modelados**, é interligar todos os elementos modelados encontrados na atividade anterior. Isso significa atribuir as atividades às decisões apropriadas e, em seguida, vincular essas decisões aos dados necessários, definindo as informações necessárias, às quais esses dados necessários pertencem e, em última análise, determinando as fontes de dados que podem fornecer as informações necessárias. Essa atividade resume todos os elementos modelados em diagramas de modelo específicos. A próxima seção apresenta a avaliação do Framework oDMN+ no Cemaden.

5.4 Estudo de Caso

Esta seção fornece mais informações sobre como o framework oDMN+ é empregado no estudo de caso do Cemaden.

5.4.1 O Cemaden

No Brasil, contramedidas preventivas têm sido tomadas para mitigar perdas e danos, bem como para melhorar as estratégias de enfrentamento das comunidades contra enchentes, secas e deslizamentos de terra. Uma dessas contramedidas foi a criação do Cemaden (em 2011), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC).

Dentre as atividades do Cemaden, o desenvolvimento, implantação e operação de sistemas de monitoramento de desastres naturais têm papel crucial na emissão de alertas de desastres naturais iminentes ao Centro Nacional de Gestão de Riscos de Desastres (CENAD), e assim apoiar a gestão de desastres em Brasil.

O atual sistema de monitoramento do Cemaden consiste em uma rede de sensores em larga escala, que fornece dados sobre precipitação e descreve o tipo de clima (por exemplo, chuva) para diferentes locais. Esta rede de sensores foi complementada com diferentes projetos de crowdsourcing com vista a aumentar o volume, tipo e qualidade dos dados disponíveis. Dentre esses projetos, o “Pluviômetros nas Comunidades” é um projeto de monitoramento de variáveis ambientais. Isso significa que as pessoas comunidades pluviômetros semiautomatizados instalados na região dessas comunidades e os compartilham com o centro por meio de um sistema baseado na web. Cerca de 1.000 desses medidores foram instalados em diferentes comunidades no Brasil. Além disso, o Cemaden trabalha em colaboração com diversas instituições¹, como a Agência Nacional de Águas (ANA), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Estes fornecem mais dados sobre as condições meteorológicas, mapeamento de risco e variáveis ambientais, que complementam os dados existentes do centro. Todos esses dados são exibidos em uma parede de vídeo localizada em uma sala de controle de monitoramento que é utilizada pelos membros do Cemaden para auxiliá-los na tomada de decisões (Figura 37), por exemplo, identificar áreas que requerem atenção, decidir se devem ou não

¹ <http://www.cemaden.gov.br/pluviometros/>

emitir um aviso e definir o nível de um aviso. Esses membros são divididos em diferentes equipes de monitoramento que trabalham ininterruptamente em turnos de seis horas. Essas equipes são compostas de cinco a sete membros e incluem pelo menos um especialista em cada uma das seguintes áreas de especialização: hidrologia, meteorologia, geologia e gestão de desastres. Além da parede de vídeo, cada membro tem uma estação de trabalho individual onde pode analisar informações particulares por conta própria, por exemplo, um geólogo pode querer analisar dados fornecidos por agências geológicas (por exemplo, CPRM), enquanto um hidrólogo está mais interessado em dados de agências de recursos hídricos (por exemplo,



Figura 37 – Sala de controle de monitoramento do Cemaden.

No entanto, todos esses dados trazem novos desafios para o trabalho na sala de monitoramento do Cemaden. Para começar, há questões estruturais em relação aos dados fornecidos; por exemplo, a interoperabilidade das fontes de dados é prejudicada pelo fato de a maioria delas não obedecer a nenhum padrão comum. Além disso, o processamento e a integração de dados em tempo real são complexos porque os dados vêm em diferentes formatos (por exemplo, fotos e valores numéricos) e em diferentes taxas de velocidade/atualização (por exemplo, uma vez por hora ou a cada 5 minutos). A tomada de decisão das equipes de monitoramento não segue um padrão de negócios estritamente definido. Isso torna a tomada de decisão mais empírica e baseada no conhecimento tácito, além de dificultar a compreensão a) das informações necessárias, b) as fontes de dados apropriadas, c) as tarefas que devem ser executadas e d) as tomadores de decisão. Esses desafios, portanto, tornam a tomada de decisão realizada na sala de monitoramento do Cemaden um processo em

5.4.2 O Processo de Modelagem no Cemaden

Na Atividade 1, como parte do protocolo de coleta de dados (ver Anexo A), definimos como a observação participativa e as entrevistas com os tomadores de decisão poderiam ser empregadas neste caso. Estes foram escolhidos porque, a observação participante permite obter dados durante as atividades diárias dos decisores, enquanto as entrevistas permitem conhecer as perspectivas pessoais dos decisores.

Na Atividade 2, os dados foram coletados por um dos autores nos dias 19 e 22 de janeiro de 2016 e 1º de fevereiro de 2016 na sede do Cemaden em São José dos Campos, Brasil. Dentro Nesses períodos, foram emitidos 88 alertas da sala de monitoramento para comunidades vulneráveis.

realizado como um instrumento de coleta de dados sobre as atividades e interações do dia-a-dia de as matérias. Isso significava que o observador era considerado apenas um pesquisador, e não interagia com o sujeito ou interferir nas atividades do sujeito (RUNESON; HÖST, 2008).

Além disso, também foram realizadas entrevistas individuais e presenciais para obtenção de dados. sobre as atividades comerciais individuais dos sujeitos (por exemplo, atividades que eles realizaram ou dados fontes usadas). Isso incluiu 10 entrevistas semiestruturadas com membros da sala de monitoramento todos os quais preencheram um questionário que foi elaborado na coleta de dados protocolo. Uma vez que os entrevistados estavam trabalhando dentro de restrições de tempo estritas, as entrevistas não durou mais do que 30 minutos, enquanto as observações participantes tiveram duração de duas horas, resumido na Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo dos métodos de coleta de dados.

# Assuntos do Método	Período (min)	Objetivo
1 ob serviço	120	Analise as atividades do sala de monitoramento
2 Ob Direto serviço	60	Analizar a mudança de uma equipe de monitoramento e o uso de sistemas disponíveis
3 Ob Direto serviço	150	Analise a comunicação na sala de monitoramento
4 Entrevista 2 Meteorologo essência	35/45	Colete dados do sujeito atividades diárias
5 Entrevista 2 Hidrologo	21/46	
6 Entrevista 2 Geólogo	30/33	
7 Entrevista 4 Desastre Especificação de gerenciamento	48/22/33/30	

Após a coleta dos dados, iniciamos a Atividade 3. As entrevistas foram então transcrita na íntegra e um esquema de codificação foi adotado para a análise e classificação que foi com base nas características analíticas propostas por Horita et al. (2016). Esta análise foi apoiada pelo software de análise de dados NVivo2 . Uma análise aprofundada do conteúdo definido por cada categoria de codificação foi então realizada. Por exemplo, a categoria de codificação "Aviso aberto" e "Executar Reunião do Grupo" – subelementos da categoria de codificação "Atividade" – passaram a ser atividades de o processo de negócios enquanto a categoria de codificação "Satélite" - subelemento da categoria de codificação "Stationary Sensors" – foi transformado em fonte de dados. Ao final, os dados codificados foram gerados.

² <http://www.qsrinternational.com/what-is-nvivo>

Os dados codificados foram utilizados na Atividade 4 para modelar os elementos conceituais do estudo de caso, ou seja, modelamos o processo de negócio da sala de monitoramento, suas decisões derivadas, requisitos de informação e fontes de dados. Esta atividade foi apoiada pela Plataforma de Modelagem Signavio³. Por fim, conduzimos com a Atividade 5 na qual descrevemos a modelagem conexamente os elementos pertencentes a um enunciado geral de diagramas, pois a Plataforma Signavio não oferece meios de incluir os recursos personalizados.

5.4.3 Os Resultados da Modelagem do Cemaden

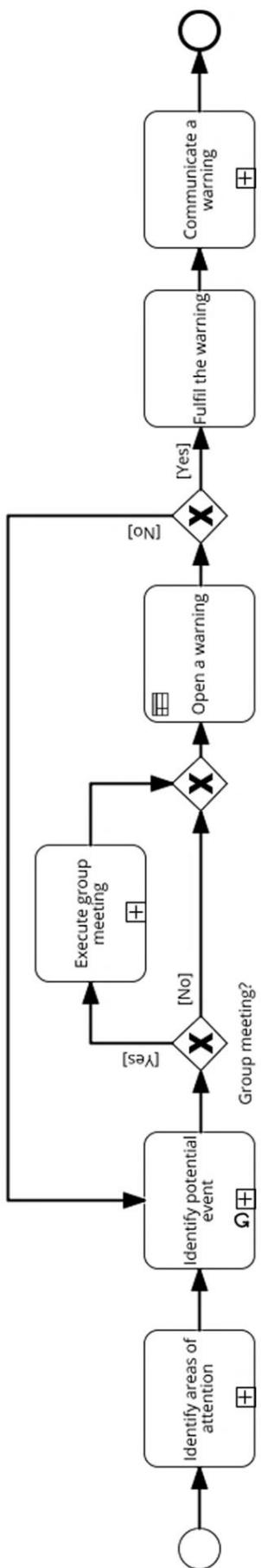
Esta seção realiza uma análise dos diagramas de modelo gerados por esta aplicação de a estrutura oDMN+ .

5.4.3.1 Processo de Negócios Modelado

Com o auxílio dos dados codificados, iniciamos com a modelagem do processo de negócio utilizando BPMN. A Figura 38 exibe uma versão compactada do diagrama de processos de negócios gerado, que representa o processo de emissão de um aviso que é executado dentro da sala de monitoramento do Cemaden - uma versão expandida é exibida na Figura 40.

O processo de negócio inicia quando há um novo turno de uma equipe de monitoramento, que ocorre a cada 6 horas a partir da meia-noite. Na primeira atividade, os meteorologistas da equipe são responsáveis por analisar as condições meteorológicas do país para as próximas 12 horas e comunicar todas as áreas sob vigilância, ou seja, aquelas áreas suscetíveis a uma situação adversa como previsão de chuva. Após a determinação dessas áreas de vigilância , as condições dos rios e montanhas são continuamente analisadas para que se possa prever eventos envolvendo deslizamentos ou inundações. Quando um desastre potencial for detectado, toda a equipe se reunirá para discussões adicionais sobre o evento potencial (por exemplo, se o hidrólogo não estiver absolutamente certo sobre a ocorrência do evento). Caso os dados disponíveis não sejam suficientes para determinar o evento e o aviso não possa ser aberto, outros dados devem ser coletados. Caso contrário, o aviso pode ser aberto com todos os dados para que possam ser fornecidas evidências para prever o evento potencial. Finalmente, o especialista em gestão de desastres revisa o aviso e o comunica ao CENAD.

³ <http://www.signavio.com/>



5.4.3.2 Decisões Modeladas

Deve-se mencionar que todas as tarefas baseadas em uma decisão, são destacadas no processo de negócio, por exemplo, a tarefa “Abrir um aviso” marcada no canto superior esquerdo dos retângulos (ver Figura 38). Em seguida, essa decisão é expressa com mais detalhes mostrando a conexão entre o conhecimento do negócio, as informações necessárias e as fontes de dados, conforme mostrado na Figura 39.

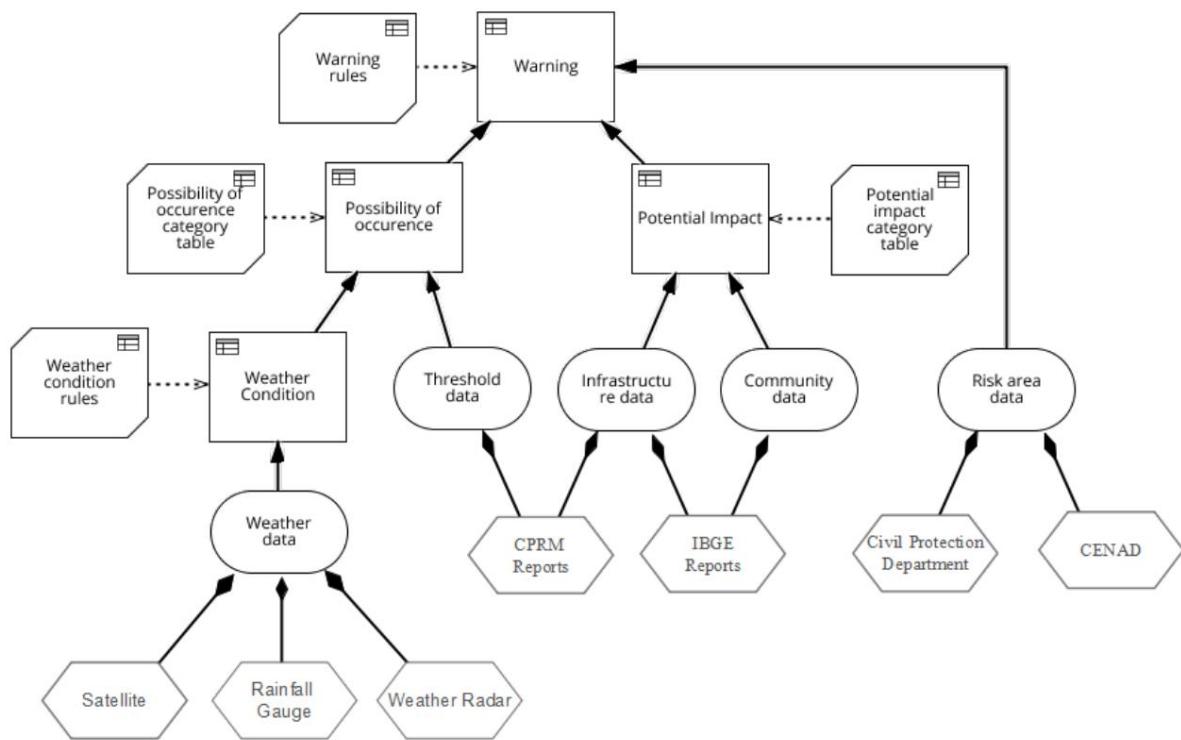
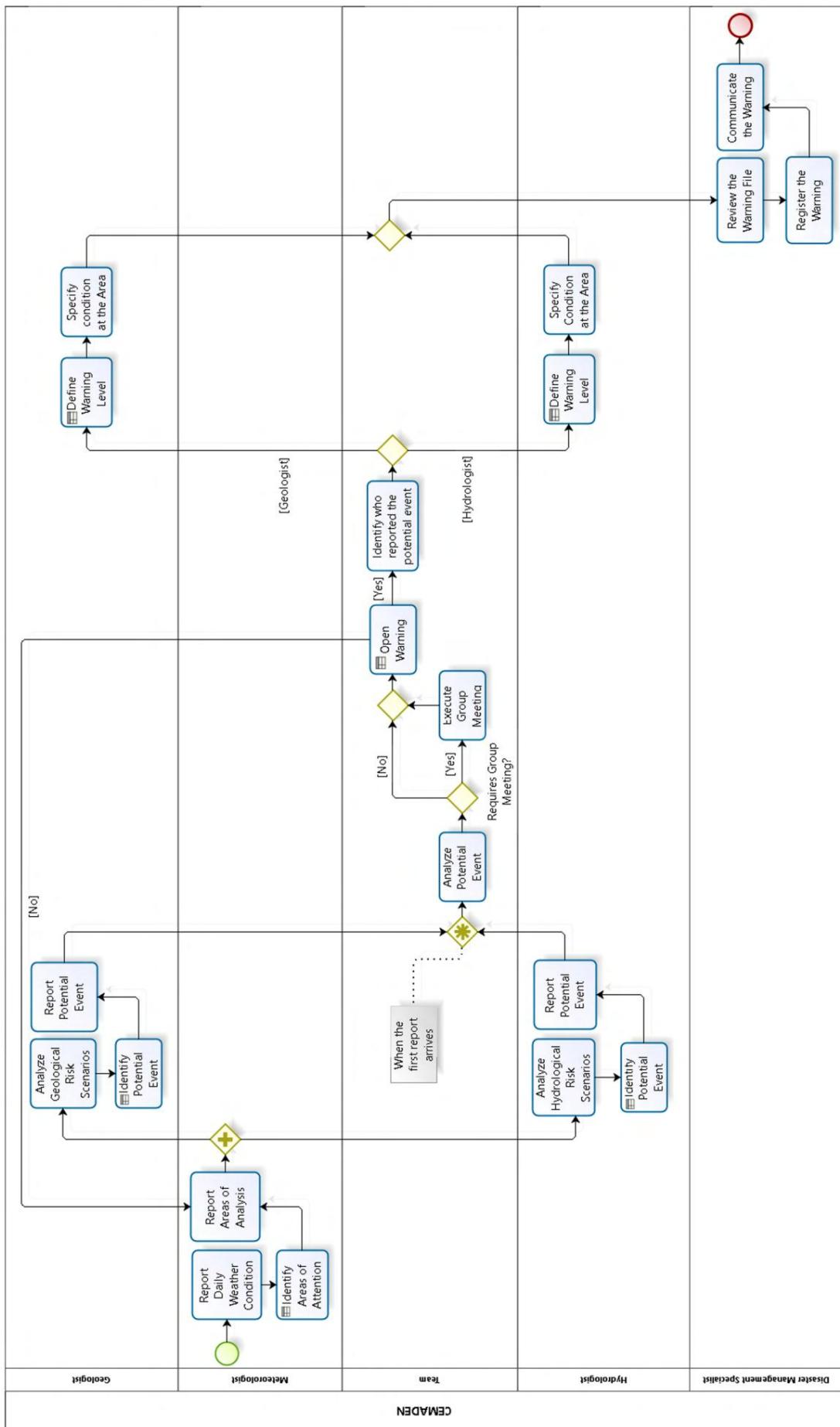


Figura 39 – Decisão de abertura de alerta.

O nível de requisitos de decisão do DMN e O&M Estendido foram usados para modelar a forma como esses elementos foram interconectados. A decisão de “Aviso” emprega um “conhecimento do negócio” (Regras e regulamentos de Alerta) e requer informações de outras duas decisões (“Possibilidade de Ocorrência” e “Impacto Potencial”). Essas decisões exigem um conhecimento específico do negócio (tabela de categorias “Possibilidade de ocorrência” e tabela de categorias “Impacto potencial”) para o processamento das informações necessárias, enquanto a “Possibilidade de ocorrência” também exige informações de outra decisão (“Condição climática”), que emprega mais conhecimento de negócios (regras de “condições climáticas”). Os dados climáticos, dados de limite, dados de infraestrutura, dados da comunidade e dados de risco foram definidos como os dados de entrada para essas decisões. Esses dados de entrada, por sua vez, podem ser fornecidos por diferentes fontes de dados. Por exemplo, satélites, pluviômetros e radares meteorológicos são fontes de dados adequadas para fornecer as informações necessárias sobre as condições climáticas. Da mesma forma, os dados sobre os limites e as instalações de infraestrutura de uma área podem ser coletados a partir dos relatórios da CPRM. Por meio do nível lógico de decisão do DMN, também é possível modelar informações mais detalhadas sobre o conhecimento de negócio necessário, bem como os requisitos de informação, conforme mostrado na Figura 41.



Potential Impact	
Potential impact category table	
Infrastructure of buildings	Condition of buildings
Estimated number of vulnerable inhabitants	Population density

Figura 41 – Dados da decisão “Impacto Potencial”.

A Figura 41 mostra os dados para a decisão de “Impacto Potencial” que emprega um conhecimento de negócios (tabela de categoria “Impacto potencial”) e requer dois itens de informação (a infraestrutura, ou seja, edifícios e casas, e o número estimado de habitantes vulneráveis). A definição do impacto potencial é obtida por meio de uma comparação cruzada dos itens de informação, conforme apresentado na Figura 42. Por exemplo, quando o número de edifícios é inadequado para uma determinada área e seu número estimado de habitantes vulneráveis é muito alto, o impacto potencial na área é muito alto.

Potential Impact		Potential Impact
Infrastructure of buildings	Estimated number of vulnerable inhabitants	
Inadequate, Adequate	Low, Moderate, High	
1 Inadequate	Low	Moderate
2 Inadequate	Moderate	High
3 Inadequate	High	Very High
4 Adequate	Low	Regular
5 Adequate	Moderate	Moderate
6 Adequate	High	High

Figura 42 – Conhecimento empresarial da decisão “Impacto Potencial”.

A comparação cruzada de itens de informação leva em consideração seus valores específicos em uma determinada área, por exemplo, a infraestrutura em relação aos edifícios é inadequada na cidade. Esses itens de informação são alguns dos itens que compõem o catálogo de requisitos de informação. Essa ligação entre as decisões sobre itens de informação e seus valores é definida pelos dados de entrada. A Figura 43a mostra o valor do item de informação “Situação dos edifícios” como inadequado enquanto a Figura 43b mostra que o número estimado de habitantes vulneráveis é “moderado”.

Como os itens de informação são fornecidos por fontes de dados específicas, como relatórios oficiais, a Figura 44 descreve as fontes de dados que incluem seus itens de informação. Por exemplo, relatórios da CPRM podem fornecer informações sobre a localização das casas e o número estimado de habitantes vulneráveis na área. Além disso, esses itens de informação também estão vinculados a propriedades de decisão como densidade populacional, condição dos edifícios e limite de precipitação. Esta associação evidencia, assim, a ligação entre os requisitos de informação das decisões (“Infraestruturas sobre edifícios”) e as informações (“Localização das casas”) fornecidas pelas fontes de dados (Relatórios CPRM).

Infrastructure of buildings	
<i>Situation of buildings</i>	<i>Inadequate</i>

(a) Infraestrutura de edifícios.

Population density	
<i>Estimated number of vulnerable inhabitants</i>	<i>500</i>

(b) Densidade populacional.

Figura 43 – Dados de entrada da decisão “Impacto Potencial”.

CPRM Reports	
<i>Situation of houses at the area</i>	<i>Condition of the buildings and houses</i>
<i>Threshold</i>	<i>Rainfall Threshold</i>

(a) Relatórios de CPRM.

IBGE Reports	
<i>Situation of houses at the area</i>	<i>Condition of the buildings and houses</i>
<i>Estimated number of vulnerable inhabitants</i>	<i>Population density</i>

(b) Relatórios do IBGE.

Figura 44 – Fontes de dados.

A interligação de todos os elementos modelados para a decisão “Abrir um aviso” é apresentada na Figura 45. Após o emprego do framework oDMN+, os diagramas de modelo gerados foram avaliados no Cemaden e seus resultados são apresentados na próxima seção.

5.4.4 Avaliação dos Diagramas Modelo Gerados no Cemaden

Duas sessões de grupos focais foram realizadas em 23 de agosto de 2016 no Cemaden (ver Apêndice B). A análise dos dados coletados revelou que todos os participantes tinham preocupações com seus processos de negócios e tomadas de decisão, principalmente por não terem um “protocolo de ação” oficial. Diante disso, afirmou-se que os diagramas de processos de negócios que alcançamos deveriam ser transformados no “protocolo de ação” oficial para todas as equipes de monitoramento, pois definiam as tarefas essenciais realizadas na sala de monitoramento. Esta é realmente uma questão crucial, como foi constantemente mencionado; por exemplo, um dos participantes apontou que “é um grande problema aqui não termos um processo de negócios porque você não tem uma descrição clara dos limites ou de suas atividades”. (Especialista em gestão de desastres B). É ainda mais importante porque os tomadores de decisão muitas vezes observam que se sentem mais confiantes quando seguem um protocolo de resposta padrão para ação. Isso fornece evidências de que nossa abordagem é útil tanto para padronizar a tomada de decisão de todas as equipes de monitoramento quanto para tornar os tomadores de decisão mais confiantes em suas decisões.

Esta afirmação está em consonância com outra área de discussão. Os participantes apoiam a ideia de que a tomada de decisão poderia ser agilizada pelos diagramas de modelo gerados, uma vez que serviriam como diretrizes para a tomada de ações. As razões são que “os tomadores de decisão serão treinados para saber como os processos e decisões existentes devem ser realizados e, assim,

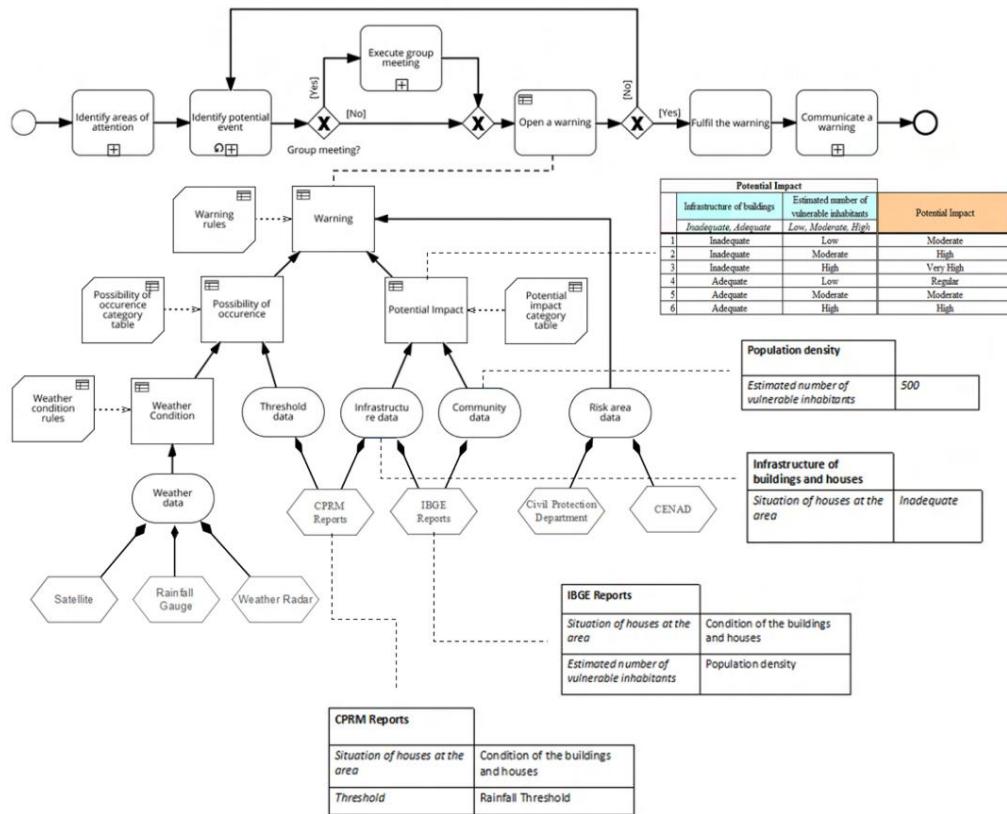


Figura 45 – A interligação de todos os elementos para a decisão “Abrir um aviso”.

estar preparado para tomar melhores decisões ou mesmo melhorá-las” (Geólogo B). Dessa forma, eles saberão quais são suas atividades e quais informações devem procurar. No entanto, observou-se que esses diagramas de modelo devem fornecer diretrizes para ação, mas não restringir as atividades da equipe de monitoramento devido à dinâmica intrínseca da gestão de desastres.

Isso está de acordo com outro argumento que foi levantado durante as sessões. De acordo com os participantes, o status de um alerta pode se enquadrar em uma das seguintes fases: (a) Análise; (b) Aberto; (c) Mantido; (d) Cessado; e, (e) Em Revisão. Quando um alerta é “mantido”, ele pode permanecer no mesmo nível de aviso (por exemplo, moderado), aumentar (por exemplo, passar de moderado a alto) ou diminuir (por exemplo, passar de muito alto a moderado). Os participantes então afirmaram que uma definição de processos de negócios para cada uma dessas fases seria de grande valia para a equipe de monitoramento. Isso significaria que outras atividades poderiam ser detectadas; por exemplo, na fase “Em Revisão”, o alerta poderia ser analisado em termos de sua qualidade, enquanto na fase “Mantido”, um especialista em gestão de desastres poderia investigar a ocorrência de eventos relatados pela mídia na área afetada. Nesse caso, novas informações e fontes de dados necessárias para a tomada de decisões seriam disponibilizadas.

A identificação de fontes de dados emergentes que seriam úteis para a tomada de decisão foi outro resultado importante dos diagramas de modelo gerados. Os sensores existentes ainda necessitam de dados suplementares para que possam estimar a situação geral em uma área vulnerável, principalmente

devido ao tipo limitado de dados que esses sensores compartilham e a cobertura restrita da área monitorada. Como resultado, quando questionados sobre as fontes de dados modeladas, os participantes afirmaram que as informações fornecidas pelo cidadão comum são de particular valor para a compreensão da situação em sua área. Todas essas informações podem subsidiar a análise de um alerta que é examinado ao ser aberto na sala de monitoramento, como destacou um participante:

“Esta informação [das redes sociais] é mais útil para a monitorização de um aviso num local onde foi aberto.” (Especialista em gestão de desastres A.)”

No entanto, as mensagens das redes sociais “não devem ser fatores determinantes que influenciem diretamente na tomada de decisão” (Geólogo A), pois há sérias preocupações sobre sua qualidade e confiabilidade. Em contraste, as mensagens enviadas por organizações oficiais, como os serviços de proteção civil ou o departamento de polícia, são úteis porque podem informar sobre os incidentes atuais na área, por exemplo, quais áreas estão mais danificadas ou quais são as áreas de evacuação. Após esta discussão, um participante mencionou a possibilidade de usar o Sistema Nacional de Informação de Desastres (S2ID) como uma fonte de dados útil para fornecer dados históricos sobre desastres. Isso apoiaria as atividades dos especialistas em gestão de desastres, especialmente aqueles que estão preocupados em avaliar o grau de vulnerabilidade de uma área. Assim, a análise dos diagramas de modelo gerados permitiu aos profissionais encontrar fontes de dados alternativas que podem ser adotadas para atender aos requisitos dos tomadores de decisão. Os tomadores de decisão também foram capazes de estabelecer quais tarefas requerem mais informações para garantir uma melhor tomada de decisão (por exemplo, o uso dos dados históricos do S2ID). Além disso, devido à dinâmica intrínseca deste estudo, encontrar as fontes de dados mais úteis para determinadas decisões desempenha um papel importante para fornecer informações mais precisas, bem como para agilizar a tomada de decisão.

Outra afirmação frequentemente feita pelos participantes foi a necessidade de atualização contínua do valores de referência dos parâmetros de informação que compõem uma regra de negócios por local. Isso pode ser atribuído às mudanças intrínsecas das variáveis de referência, que afetam a tomada de decisão ao longo de um período de tempo, por exemplo, o número de habitantes ou edifícios em uma determinada região. As condições ambientais em diferentes localidades também merecem destaque, por exemplo, a mudança do limiar de inundação da região central de São Paulo para a região serrana do Rio de Janeiro. Isso levou a uma discussão valiosa sobre como lidar com essa questão. Houve um consenso de que os valores de referência dos parâmetros de informação não devem ser definidos ao modelar as decisões, em grande parte porque muitas vezes mudam dependendo da natureza do local.

Em vez disso, uma tabela de referência poderia ser criada para vincular os parâmetros de informação de uma regra de negócio com seus respectivos valores de referência, por exemplo, uma tabela de decisão de chuva (regra de negócio) poderia estabelecer que o nível moderado de chuva (parâmetro de informação) para o Rio de Janeiro é 50mm por hora (valor de referência), enquanto em Recife é de 30mm por hora. Da mesma forma, um hidrólogo levantou uma

comentário interessante sobre informações sobre a mudança de parâmetros ao tomar decisões:

"Não se trata apenas de fatores quantitativos, mas também de parâmetros; outro parâmetros devem ser levados em consideração e não apenas o nível da água" (Hidrologista A)."

Assim, outro resultado importante dos diagramas de modelo gerados que foi levantado durante as discussões realizadas nas sessões do grupo focal foi a determinação dos parâmetros de informação para a tomada de decisão. Esses parâmetros e valores de referência devem ser usados para definir as regras de decisão, que por sua vez "têm um valor significativo para apoiar a tomada de decisão" (Meteorologista A). Isso é ainda mais importante quando envolvido em tarefas críticas que precisam ser discutidas em profundidade por todos os membros da equipe de monitoramento. Com efeito, a análise dos diagramas de modelo gerados durante as sessões dos grupos focais mostrou que esses diagramas podem permitir que os tomadores de decisão estabeleçam os parâmetros de informação para sua tomada de decisão, bem como a forma como as regras devem ser formuladas.

Finalmente, os diagramas de modelo gerados pelo nosso framework permitiram aos participantes determinar quais tarefas eram mais urgentes; por exemplo, as tarefas "Abrir um aviso" e "Identificar eventos potenciais". Essas tarefas exigem discussão adicional pela equipe de monitoramento sobre as tarefas de tomada de decisão e as condições de uso das fontes de dados, a confiabilidade e o tipo de dados usados e as regras de decisão que são empregadas. A evidência disso é fornecida pelo seguinte declarações:

"Quando a equipe se reúne há uma reunião de tomada de decisão [para abrir um alerta], que é uma tarefa crítica. E, identificar a natureza do evento potencial é uma tarefa que requer mais discussão. Muitas vezes perguntei aos outros membros: 'Vai chover?' porque eu não estava confiante o suficiente sobre os dados que recebi." (Geólogo A)".

"Estas decisões críticas ["Abrir um aviso" e "Identificar eventos potenciais"] são afetadas por diferentes variáveis, como a existência de dados na área, a escala temporal dos dados existentes e o estado de alguns dos equipamentos."

(Meteorologista A).

Essas declarações mostraram que os diagramas de modelo gerados por nossa estrutura permitiram que os tomadores de decisão identificassem tarefas não críticas e urgentes que poderiam afetar suas decisões. Isso também ajuda as equipes de monitoramento a entender seu processo de negócios.

Em resumo, os diagramas de modelo gerados por nossa abordagem provaram ser um valioso

meios de identificar fontes alternativas de dados que possam atender de forma mais eficaz às exigências dos tomadores de decisão (por exemplo, relatórios de órgãos oficiais). A fixação dos parâmetros de informação, bem como a definição de uma tabela de referência que serviria de base à análise destes parâmetros, também foi possível através dos diagramas de modelo gerados. Além disso, ao realizar uma análise desses diagramas de modelo gerados, os tomadores de decisão puderam determinar quais fontes de dados e informações tiveram maior influência em suas decisões.

Esses resultados são particularmente importantes devido à criticidade e dinamicidade da tomada de decisão que ocorre na gestão de desastres.

5.5 Discussão

Esta seção discute as implicações teóricas e práticas em relação aos três contribuições desta pesquisa.

5.5.1 Um Modelo e Notação Multicamadas para a Conexão da Tomada de Decisão com Fontes de Dados

Com base em padrões e notações bem conhecidos, esta pesquisa desenvolveu o oDMN+ que liga as tarefas dos tomadores de decisão e as fontes emergentes de big data. Os resultados obtidos do estudo de caso no Cemaden forneceram evidências de que o oDMN+ atingiu seu objetivo com sucesso, o que revelou que o oDMN+ Framework é bem sucedido em complementar as notações padrão existentes (por exemplo, BPMN (OMG, 2013), DMN (OMG, 2014)) para fazer uma conexão entre a tomada de decisão e as fontes de dados. Além disso, este capítulo acrescenta ao trabalho existente sobre a questão de fazer uma conexão entre a tomada de decisão e as fontes de dados (MALSBENDER et al., 2013; KURNIAWATI; SHANKS; BEKMAMEDOVA, 2013; MANDVIWALLA; WATSON, 2014; KLEINDIENST; PFLEGER; SCHOCH, 2015) porque fornece o O&M Estendido, que pode representar a abstração das fontes de dados e conectá-lo às informações necessárias para a tomada de decisão. Também suporta a modelagem dessas informações necessárias às decisões, o que pode ser entendido como uma contribuição relevante para pesquisas anteriores (DOLIF et al., 2013; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; KLEINDIENST; PFLEGER; SCHOCH, é porque esses trabalhos estão focados apenas em analisar a necessidade de considerar as informações necessárias na tomada de decisão, ao mesmo tempo em que não fornecem uma maneira sistemática de descrever a conexão da tomada de decisão e suas informações necessárias. Em contraste, os diagramas de modelo gerados atuam como diretrizes tanto para permitir que os tomadores de decisão reconheçam todas as informações úteis para tarefas específicas quanto para determinar o impacto das informações para as tarefas existentes.

Esses achados também podem auxiliar no suporte e aprimoramento do uso dos modelos analíticos propostos em estudos anteriores (SAADATSERESHT; MANSOURIAN; TALEAI, 2009; SIMONOFF et al., 2011; CHEN et al., 2012). Isso pode ser feito apontando os dados

fontes que podem fornecer as informações exigidas pelos tomadores de decisão. Por exemplo, plataformas de mídia social como o Twitter podem fornecer informações sobre as atitudes e intenções dos consumidores em uma área específica. Assim, esses dados podem ser utilizados no apoio ao planejamento de ações de marketing na área. Espera-se, assim, que a tomada de decisão possa ser melhorada porque os tomadores de decisão recebem informações mais valiosas. Por fim, o oDMN+ complementa a pesquisa anterior sobre metamodelagem para gestão de desastres (OTHMAN; BEYDOUN, 2013; SACKMANN; HOFMANN; BETKE, 2013) e tomada de decisão (BAZHENOVA; WESKE, 2015; JANSSENS; SMEDT; VANTHIENEN, 2016) ao descrever todas as variáveis associadas à tomada de

5.5.2 Um Processo de Modelagem para Apoiar a Conexão de Decisão

Tarefas dos fabricantes com as fontes de dados emergentes

O desenvolvimento de um modelo e notação que vincule as tarefas dos tomadores de decisão com as fontes de dados emergentes é necessário para descrever e compreender a relação entre os conceitos e variáveis existentes. Isso, no entanto, deve ser seguido por um processo de modelagem, que garanta a eficácia do modelo e da notação. Portanto, outra importante contribuição alcançada neste capítulo é a apresentação de um processo de modelagem que visa a aplicação prática do oDMN+ .

Estudos anteriores sobre modelagem de processos de negócios (BECKER; ROSEMANN; UTHMANN, 2000; SANTORO; BORGES; PINO, 2010; ANTUNES et al., 2013) limitam-se a fornecer diretrizes para elicitação de elementos conceituais e modelagem do processo de negócios de uma organização. Este capítulo, portanto, complementa esses trabalhos ao propor e avaliar um processo de modelagem que não é apenas focado na modelagem de processos de negócios, mas também adiciona a modelagem de variáveis relacionadas à tomada de decisão (por exemplo, requisitos de informação e conhecimento de negócios) e também estabelece suas ligações com os dados. fontes. Em resumo, todas as camadas (ou seja, processos de negócios, tomada de decisão e dados) de uma organização podem ser modeladas com oDMN+, em vez de apenas modelar a camada de processos de negócios.

5.5.3 Lições Aprendidas e Implicações do Estudo de Caso

As lições aprendidas com o estudo de caso podem ser entendidas como o terceiro fator significativo desta pesquisa, que tem implicações importantes para a prática e pesquisa sobre tomada de decisão com big data. Em primeiro lugar, os resultados do estudo sugerem que os profissionais e pesquisadores não devem se concentrar apenas nos requisitos de informação ao tomar uma decisão, mas também ir além e entender como as fontes de dados atuais podem ser usadas para atender a esses requisitos.

Isso é particularmente importante porque a tomada de decisões geralmente envolve um grande volume de dados que são compartilhados em diferentes formatos e fornecidos por diferentes fontes. Diante disso, uma compreensão clara das fontes de dados que afetam as decisões pode melhorar a tomada de decisão, seja agilizando-a ou permitindo que as pessoas adquiram informações mais precisas. Desta forma, esta pesquisa complementa os estudos existentes que se limitam a estudar o uso de big data em

tomada de decisão sem reconhecer a importância das fontes de dados (MILLER; MORK, 2013; WAMBA et al., 2015; ZHOU; FU; YANG, 2016). Além disso, o estudo pode subsidiar a tarefa de “especificar a fonte autorizada” conforme descrito no processo decisório proposto por KoScielniak & Pluto (2015) quando as decisões de uma organização são baseadas em big data. Nesta tarefa, os profissionais devem identificar quais fontes de dados autorizadas podem afetar sua tomada de decisão. Por exemplo, a análise de mensagens de mídia social (uma fonte de dados) pode formar a base de uma avaliação das intenções do cliente ou tendências de mercado (informações necessárias) em relação a um determinado produto. Com base nessas informações, a organização pode decidir quais alternativas são mais apropriadas para uma nova campanha de marketing (decisão).

Os resultados desta pesquisa também sugerem que os profissionais e pesquisadores precisam estar cientes de que as decisões e seus requisitos (por exemplo, regras de negócios, requisitos de informação e fontes de dados) têm um impacto na flexibilidade das organizações, ou seja, na sua capacidade de adaptação às novas condições e situações. No caso de tomadas de decisão que dependem de fontes de big data, isso é ainda mais desafiador porque novas fontes podem surgir em tempo real, enquanto fontes existentes podem se tornar ineficazes. Como resultado, as regras de negócios e os requisitos de informações devem ser capazes de se adaptar a esse novo conjunto de fontes de dados. Ao abordar esta questão, os resultados de nosso estudo de caso implicam que é muito importante projetar mecanismos para apoiar um sistema flexível para combinar os requisitos de informação com os valores de referência e limites correspondentes. Essa constatação facilita a compreensão das múltiplas dimensões da flexibilidade na modelagem de um processo de negócio que foi fornecida por Albuquerque et al. (2015), na medida em que adiciona novas dimensões de flexibilidade que correspondem a diferentes fontes de dados, decisões, requisitos de informação e regras de negócio.

Outro fator é que os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que os sistemas de apoio à decisão no contexto de big data, fornecem recursos que permitem aos usuários finais controlar a visualização das fontes de dados de interesse. Isso é particularmente importante, pois as informações e as fontes de dados necessárias mudam frequentemente; por exemplo, decisões sobre alocação de recursos requerem dados sobre modos de transporte disponíveis, que não são necessários ao definir uma estratégia de marketing. Além de controlar a visualização das fontes de dados, os resultados sugerem que o big data pode ser integrado em termos de sua localização geográfica. Esta pesquisa, portanto, complementa os estudos existentes, adotando uma abordagem que envolve vários níveis de visualização para exibição de big data (VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; IMRAN et al., 2014). Além disso, as informações necessárias para as decisões modeladas com nossa abordagem podem ser usadas para melhorar a qualidade e o tamanho das ontologias existentes no gerenciamento de desastres, como Humanitarian eXchange Language (HXL)⁴.

Isso pode ser considerado uma extensão significativa de trabalhos anteriores (TAYLOR et al., 2013; KLEINDIENST; PFLEGER; SCHOCH, 2015) que oferece uma base para a criação de algoritmos analíticos inovadores ou melhores ontologias para big data. Além disso, nossa abordagem pode apoiar o design de “serviços de informação” e “serviços analíticos” como no conceito conceitual.

⁴ <http://hxlstandard.org/>

arquitetura de Demirkhan & Delen (2013) para SAD orientado a serviços. Nesses serviços, nossos resultados sugerem que um serviço (ou componente) suplementar deve ser fornecido para gerenciar a conexão entre uma decisão e suas regras de negócios, requisitos de informação, até suas fontes de dados relacionadas. Como resultado, espera-se que os sistemas de suporte à decisão orientados a serviços possam fornecer informações mais adequadas às necessidades dos tomadores de decisão.

5.6 Observações Finais

Este capítulo estabeleceu o framework oDMN+ com o objetivo de conectar as tarefas dos tomadores de decisão com as fontes de dados por meio de dois recursos essenciais: (a) o oDMN+, um modelo e notação integrados em várias camadas, e (b) um processo de modelagem para empregar oDMN+ na prática. O oDMN+ descreve a conexão das tarefas e decisões dos tomadores de decisão, determina as informações necessárias dessas decisões e identifica as fontes que podem fornecer essas informações necessárias. Como o oDMN+ conta com diversos elementos conceituais no contexto da aplicação, o processo de modelagem define um conjunto de atividades para o emprego do oDMN+. Assim, esse processo garantirá que todos esses elementos conceituais sejam obtidos e sejam produzidos diagramas de modelo úteis que possam apoiar os tomadores de decisão.

O emprego do oDMN+ em um estudo de caso envolvendo a tomada de decisão de alerta precoce em um centro brasileiro de alerta precoce (Cemaden) fornece evidências de que o framework oDMN+ é capaz de conectar a tomada de decisão às fontes de dados e, assim, alinhar os processos de negócios às fontes de dados. Isso ocorre porque os tomadores de decisão podem entender quais informações são necessárias para cada tarefa e, em seguida, descobrir quais informações estão faltando ou prever o impacto das mudanças nas informações. Os resultados desta aplicação também mostraram que o oDMN+ descreve efetivamente a conexão entre as tarefas dos tomadores de decisão com as fontes de dados por meio da modelagem de elementos conceituais dos tomadores de decisão. No entanto, isso só foi possível após a definição do O&M Estendido, pois ele busca modelar a relação entre os dados de entrada e as fontes de dados (ou seja, do DMN às fontes de dados), na parte inferior da Figura 35. Os resultados da avaliação de fato, forneceu evidências da eficácia do processo de modelagem na obtenção de elementos conceituais dos tomadores de decisão no contexto de uma aplicação.

Como o oDMN+ fornece uma descrição adequada de como a tomada de decisão pode ser conectada às fontes de dados, ele tem potencial para desenvolver melhores SADs. Portanto, o próximo capítulo descreve um conjunto de princípios de projeto que suportam o projeto de um SDSS para ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo; por exemplo, a tomada de decisão em desastres gestão.



PRINCÍPIOS DE PROJETO PARA GUIAR O DESENVOLVIMENTO DE UM SDSS PARA TOMADA DE DECISÃO COM DADOS GEOESPACIAIS HETEROGÊNEOS

6.1 Visão geral

Fontes emergentes de big data espacial, como mídias sociais e plataformas de crowdsourcing, vêm mudando a forma como as organizações fazem suas análises espaciais de negócios e tomadas de decisão. Essas fontes de dados podem ampliar a compreensão e a eficiência das decisões de negócios em diferentes cenários, por exemplo, análise de marketing, epidemiologia de doenças (CARROLL et al., 2014) e monitoramento de desastres (GOODCHILD, 2007; BISHR; JANOWICZ, 2010; SCHNEBELE; CERVONE; WATERS , 2014; KOSCIELNIAK; PUTÓ, 2015; YOU et al., 2015). Os trabalhos existentes já mencionados analíticos baseados em localização que são baseados na integração de dados fornecidos por essas novas fontes de dados. Por exemplo, Albuquerque et al. (2015) apresentam uma abordagem que analisa a correlação geográfica de dados fornecidos por sensores in-situ oficiais com aqueles fornecidos por plataformas de crowdsourcing para recuperar uma informação significativa.

Em contraste, Dominkovics et al. (2011) apresentam o desenvolvimento de um aplicativo baseado na web que visa apoiar a tomada de decisão por meio da apresentação de informações em mapas de densidade espacial. Embora esses trabalhos tenham superado questões importantes na literatura e na prática, muitas vezes eles fornecem um algoritmo espacial ou dados gerados que não atendem às necessidades dos tomadores de decisão e se tornam inúteis para apoiar a tomada de decisão (DOLIF et al., 2013; VIEWEG; CASTILLO ; IMRAN, 2014).

Nesse sentido, tem havido um interesse crescente na área de suporte à decisão baseado em dados, que segue uma tendência de fornecer dados mais precisos e adequados à tomada de decisão (GOPALKRISHNAN et al., 2012; PROVOST; FAWCETT, 2013; MALSBENDER et al., 2012; PROVOST; FAWCETT, 2013; MALSBENDER et al. al., 2013; KURNIAWATI; SHANKS; BEKMAMEDOVA, 2013; DUGGAN, 2014; HOR-

et al., 2014a; WAMBA et al., 2015). Dentro dos trabalhos existentes, Kleindienst, Pfleger & Schoch (2015) integraram a análise de mídias sociais e os objetivos de negócio de uma organização, decompondo esses objetivos em fatores críticos de sucesso que possibilitam conhecer os requisitos de informação, para que esses requisitos possam ser combinado com a análise de mídia social apropriada. Além disso, o metamodelo oDMN+ que foi apresentado no Capítulo 5 pode até ser considerado como um trabalho que poderia se apoiar neste contexto. No entanto, esses trabalhos não descrevem uma forma de incorporar requisitos de tomadores de decisão de ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão.

Este capítulo, portanto, apresenta um conjunto de princípios de projeto que orientariam o desenvolvimento do SDSS para a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. Estes foram derivados de um projeto de pesquisa de design de ação de dois ciclos, que foi realizado no contexto de monitoramento e alerta precoce dentro de uma agência de emergência brasileira.

O restante deste capítulo está estruturado da seguinte forma. A seção 6.2 descreve o método de pesquisa que foi empregado para o desenvolvimento desses princípios de design. A Seção 6.3 detalha a pesquisa de design de ação, por exemplo, os ciclos, estágios e principais resultados de cada estágio. Finalmente, a Seção 6.4 apresenta os princípios de design e discute suas implicações para a pesquisa e a prática.

6.2 Método de Pesquisa

O método de pesquisa-ação “pretende contribuir tanto para as preocupações práticas das pessoas em situação problemática imediata quanto para os objetivos das ciências sociais” (SEIN et al., 2011). Torna então possível desenvolver soluções para um problema prático que são ao mesmo tempo um conhecimento teórico de valor para uma comunidade de pesquisa. Os pesquisadores-ação recebem então diferentes ciclos e processos interativos para atingir o objetivo de vincular prática e teoria (BASKERVILLE; WOOD-HARPER, 1996; LAU, 1997; BASKERVILLE, 1999; DAVISON; MARTINSONS; OU, 2012). Susman & Evered (1978) propuseram o processo de pesquisa-ação mais conhecido , que é composto por cinco atividades: (1) diagnosticar (identificar os problemas e as hipóteses de trabalho), (2) planejar a ação (planejar ações), (3) tomar a ação (implementar as ações planejadas e coletar dados), (4) avaliar (analisar os dados coletados em relação às hipóteses de trabalho) e (5) especificar o aprendizado (identificar as lições aprendidas).

Como a pesquisa em sistemas de informação tem o objetivo de trazer contribuições teóricas que também podem auxiliar na resolução de problemas das organizações (SEIN et al., 2011), o uso da pesquisa-ação tem se difundido entre os projetos de pesquisa em SI nas últimas duas décadas (BASKERVILLE; WOOD -HARPER, 1996; LAU, 1997; BASKERVILLE, 1999; DAVISON; MARTINSONS; OU, 2012; BROOKS; ALAM, 2015; SPAGNOLETTI; RESCA; SÆBØ, 2015). Dentro desses trabalhos, Sein et al. (2011) propuseram o método de pesquisa de design de ação para apoiar a construção de artefatos de TI em um contexto organizacional e aprender com a intervenção ao abordar uma situação problemática. Também visa garantir o rigor da pesquisa e a avaliação controlada

sem perder a essência da pesquisa-ação e da pesquisa em design science (HEVNER et al., 2004). Para isso, o método de pesquisa de design-ação consiste em quatro etapas: (1) formulação do problema; (2) construção, intervenção e avaliação; (3) reflexão e aprendizagem; e, (4) formalização da aprendizagem. Este método de pesquisa foi adotado aqui em um projeto de pesquisa colaborativa interorganizacional , que visa desenvolver e avaliar princípios de design para um SDSS que leve em consideração os requisitos dos tomadores de decisão e apoie a tomada de decisão em ambientes dinâmicos com big data espacial heterogêneo (por exemplo, gestão de desastres). Aqui, princípios de design são entendidos como um corpo de conhecimento que orienta o desenvolvimento de um artefato (WALLS; WIDMEYER; SAWY, 1992; MARKUS; MAJCHRZAK; GASSER, 2002), por exemplo, uma arquitetura conceitual para SDSS. A próxima seção apresenta o contexto de monitoramento e alerta precoce do Cemaden (ver Seção 5.4.1) que foi adotado como cenário organizacional para o projeto de pesquisa de design de ação.

6.2.1 O Projeto de Pesquisa Action Design no Cemaden

O projeto de pesquisa em design-ação do Cemaden seguiu as etapas sequenciais definidas por Sein et al. (2011), conforme mostra 46. Enquanto as ações foram adaptadas para o contexto particular do centro. Na Etapa 1, a questão de pesquisa e a hipótese de trabalho são definidas a partir das lacunas de pesquisa evidenciadas por meio da análise da literatura existente, bem como dos dados coletados no centro. Os ciclos iterativos de concepção e implementação e avaliação das intervenções são realizados na Etapa 2. Enquanto os resultados dessas duas etapas são analisados na Etapa 3. Por exemplo, as lições aprendidas com a análise dos dados coletados com os tomadores de decisão.

Por fim, a Etapa 4 resume o resultado obtido na Etapa 3, que são os princípios de projeto do SDSS para ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo.

A próxima seção apresenta o projeto de pesquisa de design de ação e fornece mais detalhes sobre as etapas, ações e resultados obtidos.

6.3 Projeto de um SDSS para Ambientes Dinâmicos com Dados geoespaciais heterogêneos

O projeto de pesquisa action design em dezembro de 2015 com discussões sobre a necessidade de melhorar a compreensão das atividades diárias na sala de controle de monitoramento no Cemaden, bem como como os sistemas disponíveis têm sido utilizados para tais atividades. Três stakeholders foram identificados: os membros da sala de controle de monitoramento (aqui denominados operadores), e os profissionais do centro (por exemplo, seus pesquisadores) e os pesquisadores de pesquisa de design de ação (por exemplo, pesquisadores da USP) que juntos compuseram o design de ação time de pesquisa. Depois disso, dois ciclos interativos de design e análise foram conduzidos pela equipe de pesquisa de design de ação em colaboração com os operadores, conforme mostrado na Figura 47. O primeiro ciclo começou no final

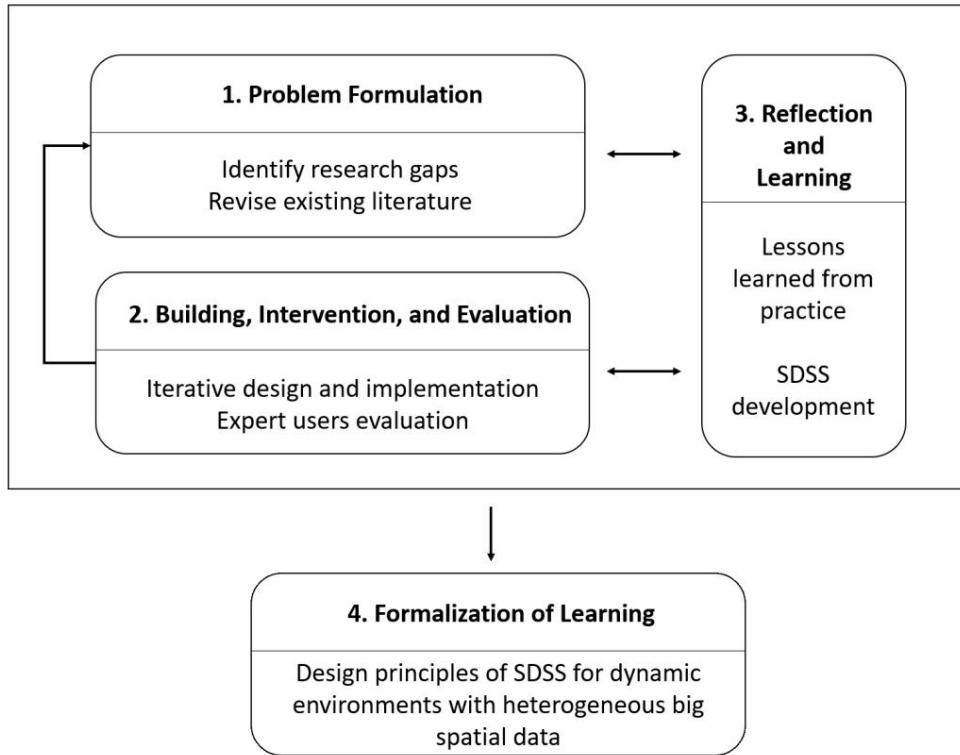


Figura 46 – Etapas e ações da pesquisa em design-ação. Com base em Sein et al. (2011).

janeiro de 2016 e durou seis meses. Em meados de agosto, a equipe de pesquisa de design de ação estava pronta para iniciar o segundo ciclo, que continuou até meados de dezembro de 2016.

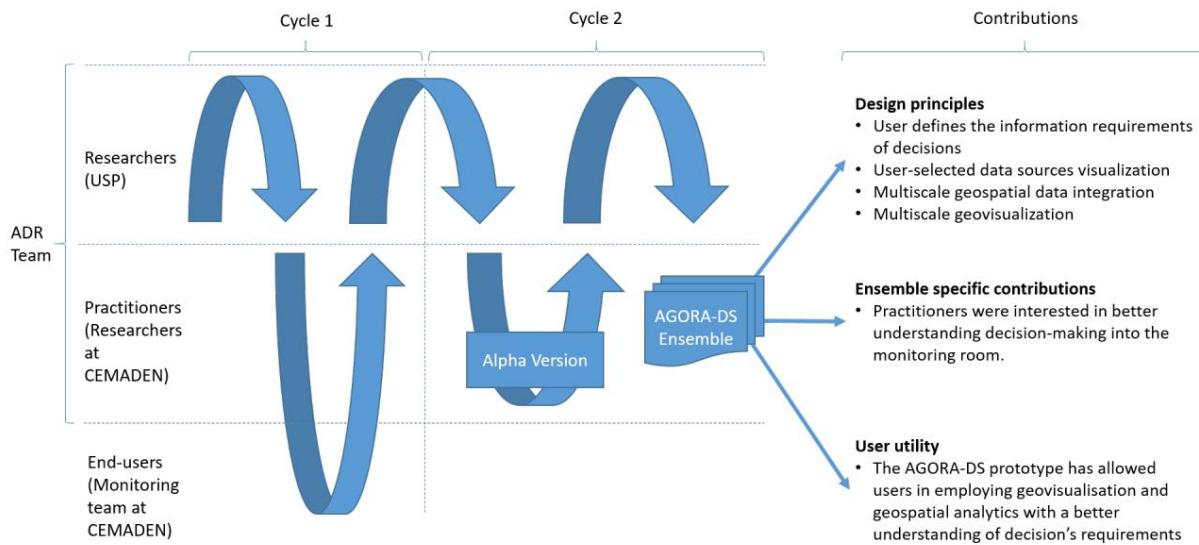


Figura 47 – Os ciclos interativos do projeto de pesquisa em design-ação. Com base em Sein et al. (2011).

O lado direito da Figura 47 mostra os artefatos do ensemble gerados após o emprego da pesquisa de design de ação. Esses artefatos trazem contribuições específicas para os três grupos de stakeholders que são mostrados no lado esquerdo da Figura 47 - os pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), os praticantes e os usuários finais. As próximas seções

apresenta cada ciclo com mais detalhes.

6.3.1 Primeiro Ciclo

Neste primeiro ciclo, a equipe de pesquisa de design de ação se concentrou em identificar potenciais problemas nas atividades diárias da sala de controle de monitoramento do Cemaden. Portanto, os dados utilizados para subsidiar a formulação de um problema foram coletados por um dos autores nos dias 19 a 22 de janeiro de 2016 e 1º de fevereiro de 2016 na sede do Cemaden em São José dos Campos, Brasil. Nesses períodos, foram emitidos 88 alertas da sala de controle de monitoramento para comunidades vulneráveis: 9 em 19 de janeiro, 63 em 20 de janeiro, 15 em 15 de janeiro e 1 em 1º de fevereiro. A observação participante, com grau limitado de interação do pesquisador, foi realizada primeiramente como instrumento de coleta de dados sobre as atividades e interações cotidianas dos sujeitos. Isso significava que o observador era considerado apenas um pesquisador, não interagindo com o sujeito ou interferindo nas atividades dos sujeitos (RUNESON; HÖST, 2008). Além disso, indivíduos e entrevistas presenciais também foram realizadas para obter dados sobre o negócio individual atividades dos sujeitos (por exemplo, as atividades que eles realizaram ou as fontes de dados que foram usadas). Isso incluiu 10 entrevistas semiestruturadas com membros da sala de controle de monitoramento – composta por 2 geólogos, 2 hidrólogos, 2 meteorologistas e 4 especialistas em gestão de desastres – todos eles preencheram um questionário que foi preparado no protocolo de coleta de dados. Como os entrevistados trabalhavam com restrições de tempo, as entrevistas não duraram mais de 30 minutos, enquanto as observações participativas duraram 2 horas. Em resumo, os métodos de coleta de dados neste ciclo foram duplos: (a) observação direta das atividades diárias dos integrantes na sala de monitoramento e (b) 10 entrevistas semiestruturadas com esses integrantes.

6.3.1.1 Estágio 1: Formulação do Problema

Com base nos dados coletados, identificamos três principais problemas que estavam afetando negativamente as atividades no uso do SDSS na sala de monitoramento. Primeiro, os membros da sala de controle de monitoramento não têm um entendimento claro sobre as informações necessárias para a tomada de decisão (Problema 1). Isso se deve principalmente às variáveis dinâmicas intrínsecas às diferentes situações, por exemplo, um membro poderia tomar uma decisão melhor se conhecesse o limiar de uma região monitorada; no entanto, em outras regiões, essa informação é inútil, pois ele precisa conhecer as condições das construções. Uma declaração típica dos participantes durante as sessões de entrevistas foi:

"Existem várias ocorrências de inundações em áreas com falta de dados apropriados, por exemplo, limites". (Funcionário, durante as sessões de entrevista).

Como resultado, muitos dados fornecidos para a tomada de decisão tornam-se inúteis, pois não atendem aos requisitos dos tomadores de decisão. Enquanto, por outro lado, são necessários mais dados

para superar a inexistência de dados úteis, por exemplo, de áreas não monitoradas.

"Confirmamos que o nível da água diminuiu no leito do rio, mas a enchente causou algum problema? Ainda carecemos de mais informações para a tomada de decisões".
(Funcionário, durante as sessões de entrevista).

"Há um município que tem vários dados pluviométricos, mas não há informação sobre o limite da área. Em outros casos, o limite é conhecido, mas o pluviômetro não está funcionando corretamente". (Funcionário, durante as sessões de entrevista).

Em segundo lugar, há um atraso notável na tomada de decisão da sala de controle de monitoramento causada pela necessidade de analisar dados de diferentes sistemas (Problema 2). Isso acontece porque os dados disponíveis são armazenados em conjuntos de dados desconectados devido aos seus diferentes formatos de compartilhamento. Como resultado, dificulta não apenas a integração dos dados, mas também faz com que os tomadores de decisão analisem individualmente cada conjunto de dados em seu sistema disponível, o que leva mais tempo do que analisar todos esses dados em um sistema unificado.

"Quando confirmamos [no sistema] que há uma situação de risco, você pode acessar o banco de dados do Centro de Previsão do Tempo e Pesquisas Climáticas (CPTEC) e analisar as imagens de satélite". (Funcionário, durante as sessões de entrevista).

"Não temos essa informação no sistema; portanto, temos que usar dados de outras fontes, por exemplo, Agência Nacional de Águas (ANA)." (Funcionário, durante sessões de entrevista).

Finalmente, há uma notável necessidade de mudar continuamente as variáveis de decisão e os valores de medição por localidade (Problema 3). Ela ocorre devido às modificações intrínsecas ao longo do tempo nas variáveis que afetam uma decisão como número de habitantes, geologia do leito do rio ou degradação do meio ambiente. Além disso, as condições ambientais em diferentes locais também mudam, por exemplo, um limiar de inundação muda da região Centro de São Paulo para a Região Serrana do Rio de Janeiro.

“O número de pessoas e prédios no município é muito dinâmico. Após uma coleta de dados, se houver um evento de chuva, a situação de risco mudaria e as pessoas que antes não estavam em situação de risco, agora podem ser expostas”.
(Funcionário, durante as sessões do grupo focal).”

“Esses limites devem ser continuamente revisados a cada dois anos, ou após um evento importante.” (Funcionário, durante as sessões do grupo focal).

“Um alerta de deslizamento de terra para a Região Serrana do Rio Grande do Sul é completamente diferente da região serrana do Rio de Janeiro porque as construções são mais fortes do que as das favelas.” (Funcionário, durante o foco sessões de grupo).

6.3.1.2 Etapa 3: Reflexão e Aprendizagem

Uma vez que os problemas foram identificados na prática, eles foram adotados pela equipe de pesquisa de design de ação para conduzir a definição tanto de uma questão de pesquisa quanto de uma hipótese de trabalho, na etapa de “construção, intervenção e avaliação”. Estes foram definidos após reflexão contínua sobre os problemas identificados e análise de todas as transcrições de entrevistas e sessões de grupos focais. As intervenções profundas ou ações de avaliação não foram incluídas nesta fase porque a equipe de pesquisa do projeto de ação imaginou primeiro uma discussão inicial, bem como um projeto de pesquisa antes de iniciar tais ações. No entanto, essas sessões de reflexão e análise dos dados coletados funcionaram como uma avaliação preliminar com os especialistas que compuseram o desenho da ação equipe de pesquisa para economizar tempo com intervenções inúteis ou inviáveis ao Cemaden. Assim, a equipe de pesquisa de design de ação surgiu com a seguinte questão de pesquisa:

RQ) Como um SDSS pode ser projetado para apoiar tomadores de decisão em ambientes dinâmicos para dar sentido a big data geoespacial heterogêneo?

Para abordar esta questão de pesquisa, a hipótese de trabalho da pesquisa em design de ação A equipe está no desenvolvimento e avaliação de princípios de design apropriados para orientar o design de SDSSs que levem em consideração os requisitos dos tomadores de decisão e apoiem a tomada de decisão em ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo. Esperava-se que tais princípios fossem uma contribuição teórica relevante, que pudesse fornecer orientação aos desenvolvedores no desenvolvimento de novos SDSS para o domínio de aplicação.

Depois de definir a questão de pesquisa e a hipótese de trabalho, a equipe de pesquisa de design de ação estava pronta para avançar com as intervenções e avaliações profundas. Isso foi

realizado em um novo ciclo de pesquisa de design de ação que é descrito na próxima seção.

6.3.2 Segundo Ciclo

O segundo ciclo do projeto de pesquisa em design de ação teve como objetivo desenvolver artefatos que poderia ser usado para testar a hipótese proposta e, assim, responder à questão de pesquisa proposta. Esses artefatos também podem resolver os problemas identificados na prática.

6.3.2.1 Etapa 2: Construção, Intervenções e Avaliação

Partindo da hipótese proposta, primeiro revisamos a literatura com vistas aos trabalhos existentes que abordavam a lacuna entre os requisitos dos tomadores de decisão e as fontes de dados na etapa de “construção, intervenção e avaliação” deste segundo ciclo de pesquisa de design de ação. O objetivo era entender como os dados fornecidos por diferentes fontes de dados poderiam atender aos requisitos de informação dos tomadores de decisão na gestão de desastres. Os resultados, no entanto, mostraram que a maioria dos trabalhos no tema ainda não consegue estabelecer um vínculo com as informações necessárias para a tomada de decisão (GOPALKRISHNAN et al., 2012; CHEN; CHIANG; STOREY, 2012; HORITA et al., 2014a; IMRAN et al. al., 2014; WAMBA et al., 2015). Esse descompasso não apenas tornou os sistemas existentes contraproducentes para atender aos requisitos dos tomadores de decisão, mas também resultou em recursos inúteis ou dados produzidos pelos sistemas existentes (DOLIF et al., 2013; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014). Com base nessas descobertas, a equipe de pesquisa de design de ação expandiu a pesquisa para cobrir não apenas as preocupações específicas do Cemaden, mas também a classe de problemas de campo: SDDSSs que levam em consideração os requisitos dos tomadores de decisão em ambientes dinâmicos para dar sentido a big data geoespacial heterogêneo.

Quadro teórico. A equipe de pesquisa de design de ação vislumbrou então que os requisitos dos tomadores de decisão modelados por meio de modelos padrão poderiam auxiliar na definição dos requisitos do sistema. Assim, o DMN que é divulgado pelo OMG fornece recursos conceituais (por exemplo, regras de negócios, dados de entrada e informações necessárias) para decisões de modelagem (OMG, 2014). Além disso, o OGC e a ISO definiram o padrão O&M, que fornece uma visão abstrata das observações que se originam de várias fontes de dados, além de poder integrar as fontes de dados aos requisitos da informação (OGC, 2013). O padrão de Notação e Modelo de Decisão sensível à observação (oDMN) define recursos conceituais adicionais (por exemplo, observação e propriedade) que podem ser usados para a vinculação de DMN com O&M (HORITA et al., 2016). Embora esses modelos e notações padrão abordem questões importantes, eles não fornecem recursos para modelagem de dados espaciais. Isso é particularmente importante porque as variáveis das decisões (por exemplo, informações necessárias ou a definição de regras de negócios não são semelhantes em locais diferentes).

Nesse contexto, Dominkovics et al. (2011) propuseram um modelo de dados comum que pode ser usado para descrever os elementos e a associação de recursos de análise espacial. Este modelo de dados seguiu as convenções de nomenclatura e tipos para o conjunto de feições, objetos e propriedades que foram definidos pela ESRI Company, fornecedora líder mundial de aplicativos GIS. Juntos, a DMN, O&M,

o DMN e modelos de dados comuns forneceram a base para a definição de uma estrutura teórica que descreve os requisitos dos tomadores de decisão para ambientes dinâmicos com big data espacial heterogêneo. Essa estrutura é exibida usando o diagrama de classes UML na Figura 48.

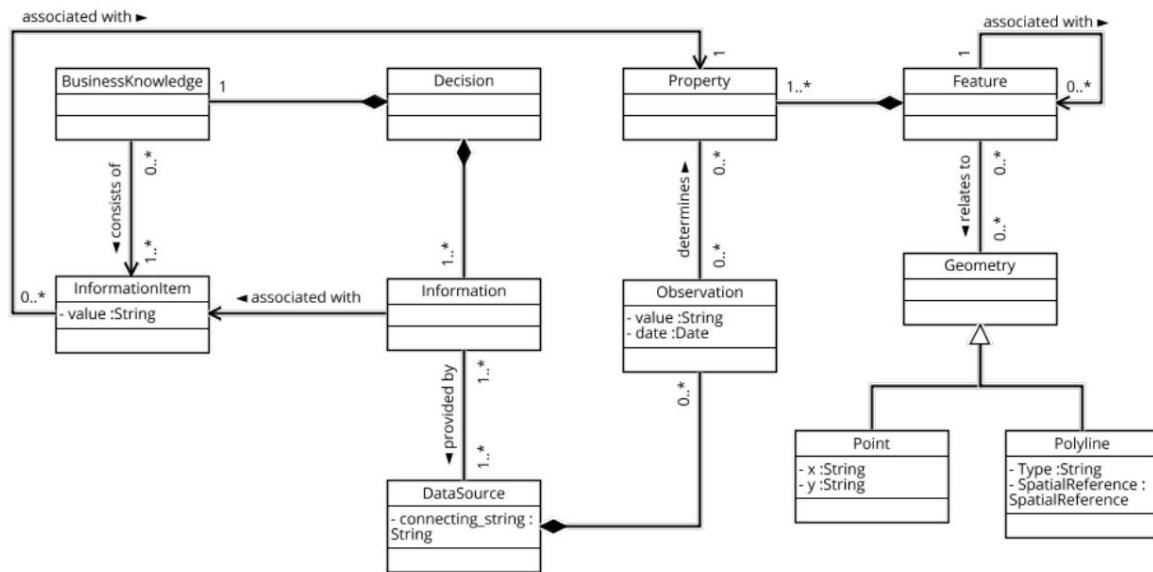


Figura 48 – Referencial teórico.

Na descrição dos requisitos dos tomadores de decisão, o arcabouço teórico começa definindo que uma **decisão** requer um conjunto de **informações**, que forma a base dos itens de informação de entrada para um **conhecimento de negócio** (por exemplo, regra de decisão). Por exemplo, um operador responsável por emitir alertas para comunidades vulneráveis (decisão) pode comparar o nível de água no leito do rio (item de informação) com o limite de inundação (item de informação) para verificar se está ultrapassando o limite definido para a área (item de conhecimento). Em seguida, cada informação necessária pode ser fornecida por **fontes de dados** específicas (por exemplo, pluviômetros), que armazenam várias **observações** (por exemplo, várias medições do nível da água). Como as **feições** são entendidas como uma abstração de um fenômeno do mundo real (por exemplo, um rio) (OGC, 2013), essas observações podem determinar o valor de uma **propriedade** de uma característica (por exemplo, nível de água). Simultaneamente, esta propriedade associa-se ao item de informação da lógica de decisão, por exemplo, o limite de inundação (item de informação) está associado ao nível de água (propriedade) de um rio (característica). Além disso, um recurso pode ser usado para representar um objeto do mundo real em um mapa. Sua posição geográfica é então determinada por um **objeto geométrico** que pode ser um simples **ponto** com as coordenadas tradicionais (x e y) ou uma **polilinha** que pode representar uma única linha ou um polígono (várias linhas conectadas). Os recursos também podem ser associados a outros recursos de objetos do mundo real; por exemplo, uma feição “estrada” faz parte de outra feição “cidade”, assim como uma feição “estado” consiste em um grupo de várias feições “município”).

O referencial teórico de fato é importante porque dá foco na descrição das variáveis que estão associadas à tomada de decisão. Isso também deixa claro não apenas as informações

necessários, mas também como as informações podem ser combinadas para fornecer informações de entrada mais precisas para uma decisão que deve ser tomada. Consequentemente, fornece uma base teórica para descrever uma solução para os problemas levantados na prática no que diz respeito ao entendimento sobre as informações necessárias (Problema 1), e fornece uma base sólida para apoiar a integração de diferentes sistemas (Problema 2). Dado o problema da mudança contínua de variáveis e valores de medição de decisões por localização (Problema 3), o framework se baseia na vinculação de itens de informação a uma propriedade de um recurso, ou seja, o valor de um item de informação está associado a uma propriedade de um característica. Isso cria a possibilidade de alteração do valor entre diferentes localidades, por exemplo, uma regra de decisão pode definir que o limite pluviométrico (item de informação) do volume de chuva (móvel) da Região Metropolitana de São Paulo (característica) seja de 60 mm, enquanto , o limite para a Região Serrana do Rio de Janeiro pode mudar para 40 mm.

Requisitos de sistema. Com base no referencial teórico, a equipe de pesquisa em design de ação entendeu que uma melhor entrada de informações para apoiar a tomada de decisão em ambientes dinâmicos depende do entendimento de todos os seus requisitos de informação e como eles podem ser combinados de acordo com o local de interesse. Isso é particularmente importante , pois as regras de decisão e suas informações necessárias mudam em diferentes locais e, de fato , esse entendimento pode desempenhar um papel importante no apoio aos tomadores de decisão. Por exemplo, pode fornecer uma visão geral da falta de dados para preencher as informações necessárias ou quais fontes de dados podem ser usadas para coletar informações. A integração de dados também pode ser afetada, uma vez que as regras de decisão detalham como as informações necessárias podem ser combinadas para fornecer as informações que melhor atendem aos requisitos dos tomadores de decisão. Além disso, a vinculação das observações com um recurso, que está associado a uma localização geográfica, pode permitir que os tomadores de decisão adaptem suas regras de decisão e informações necessárias de acordo com a localização. Por sua vez, isso oferece suporte à análise de localização, bem como à análise de localização em várias escalas. Por exemplo, um operador pode configurar que um limite de inundação no Rio de Janeiro seja de 40 cm, enquanto em São Paulo seja de 60 cm. Finalmente, a equipe de pesquisa de design de ação resumiu essas associações identificadas nos seguintes requisitos de sistema:

1. As decisões devem consistir em requisitos de informação e uma regra de decisão.
2. Uma regra de decisão deve consistir em um conjunto de itens de informação que devem ser associados a um requisito de informação exigido pela decisão.
3. Os itens de informação devem exigir um valor analítico que suporte a análise de dados.
4. As características de interesse devem estar associadas a um conjunto de propriedades específicas, que visa caracterizando-os e descrevendo-os.
5. Os itens de informação das regras de decisão devem ser associados às propriedades de uma característica de interesse, que por sua vez auxilia na compreensão da falta de dados.

6. Como um imóvel pode caracterizar características de interesse, seu valor descritivo deve ser determinado pelas observações.
7. Os itens de informação devem ser associados a fontes de dados apropriadas.
8. A associação de informações com fontes de dados deve ser flexível para permitir a inclusão (ou exclusão) de fontes de dados, bem como a alteração das fontes de dados existentes.
9. Uma string de conexão deve ser exigida para permitir a autenticação com a fonte de dados.
10. Uma fonte de dados deve consistir em um grupo de observações individuais (também conhecidas como dados).
11. As observações devem exigir uma data de criação e um valor descritivo.
12. Uma vez que os itens de informação estejam associados a propriedades de um recurso de interesse, isso deve permitir a integração de dados com base em sua localização associada.
13. As regras de decisão fornecem uma compreensão de como os itens de informação devem ser combinados.
14. Uma característica de interesse está associada a uma localização geográfica, que por sua vez pode ser representado por um ponto individual ou por uma polilinha (ou seja, quadrado ou triângulo).
15. Um ponto deve exigir duas informações essenciais para determinar sua localização geográfica: "x" e "y", enquanto uma polilinha requer um tipo e a referência espacial.
16. O recurso de interesse pode estar associado a outros recursos de interesse, que por sua vez devem permitir uma geovisualização multiescala.

Princípios de design. Todos esses requisitos de sistema levaram à definição de quatro princípios de projeto: (1) o usuário define os requisitos de informação das decisões; (2) configuração controlada pelo usuário de fontes de dados com um mapeamento das informações necessárias; (3) integração de dados baseada em localização ; e, (4) geovisualização multiescala. O princípio do usuário define os requisitos de informação das decisões define que apenas as informações requeridas por uma decisão são exibidas no sistema. O princípio da configuração controlada pelo usuário de fontes de dados com um mapeamento para as informações necessárias determina que as fontes de dados apropriadas devem ser atribuídas às informações exigidas por uma decisão. O princípio da integração de dados baseada em localização define que uma localização geográfica deve ser usada como base para apoiar a integração de dados. Por fim, o princípio da geovisualização multiescala determina os requisitos de informação das decisões como base para a exibição dos dados. A Tabela 12 detalha a relação entre os princípios de projeto e os requisitos da teoria.

Tabela 12 – Relação dos princípios de projeto e requisitos do sistema.

Projeto princípios	Descrição	Requisitos da teoria
DP1: define a informações sobre exigências do decisões	<p>Uma decisão deve ser definida no sistema de acordo com suas informações necessárias. No entanto, o usuário deve ser capaz de definir de forma explícita e flexível quais são as informações obrigado a tomar decisões específicas sões.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ÿ As decisões devem consistir em requisitos de informação e uma regra de decisão. ÿ Uma regra de decisão deve sistem de um conjunto de informações itens que devem ser associados tado com uma informação requisito exigido pelo decisão. ÿ Os itens de informação devem requerem um valor analítico, que suporta análise de dados ic. ÿ As características de interesse devem estar associado a um conjunto de propriedades específicas, que visa caracterizar e descrevendo-os. ÿ Itens de informação de deci regras de sion devem ser associoado com propriedades de um característica de interesse, que por sua vez, suporta a compreensão dos dados de falta. ÿ Como uma propriedade pode caracterizar características de interesse, seu valor descritivo deve ser determinado pelo observador vações.

Continuar na próxima página

Tabela 12 – Resumo dos métodos de coleta de dados (continuação).

Projeto princípios	Descrição	Requisitos da teoria
DP2: Do utilizador controlada configuração de fontes de dados com um mapeamento para requeridos em formação	<p>As fontes de dados devem ser explicitamente atribuídas aos requisitos de informação de uma decisão. No entanto, o usuário deve ser capaz de definir de forma flexível os parâmetros para autenticação com fontes de dados (por exemplo, string de conexão).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Os itens de informação devem ser, assim, associado a fontes de dados apropriadas. ÿ A associação de informações mação com fontes de dados deve ser flexível para todos baixando a inclusão (ou exclusão) de fontes de dados, como bem como a mudança de fontes de dados existentes. ÿ Uma string de conexão deve ser necessário para permitir a autenticação com os dados fonte. ÿ Uma fonte de dados deve conter fazem parte de um grupo de indivíduos observações (também conhecidas como dados). ÿ As observações devem ser quire uma data de criação e um valor descritivo.

Continuar na próxima página

Tabela 12 – Resumo dos métodos de coleta de dados (continuação).

Projeto princípios	Descrição	Requisitos da teoria
DP3: Localização Sediada dados integração	<p>O sistema deve fornecer recursos para integrar fontes de dados heterogêneas. No entanto, a integração deve ser feito com base em uma geografia localização.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Uma vez que os itens de informação são associados a propriedades de uma característica de interesse, este deve permitir a entrada de dados gração com base em sua ass local citado. ÿ As regras de decisão fornecem uma compreensão de como os itens de formação devem ser combinado.
DP4: Multiescala geovisualização	<p>A geovisualização deve usar as informações das decisões requisitos como base para a exibição dos dados. No entanto, os usuários devem ser capazes de realizar um geovisual multiescala izaiton de dados, uma vez que pode fornecer uma “imagem geral” do situação atual antes de um profundo análise nos locais mais críticos ções.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Uma característica de interesse é associado a uma localização geográfica , que por sua vez poderia ser representado por um ponto individual ou por polilinha (ou seja, quadrado ou triângulo). ÿ Um ponto deve exigir dois informações essenciais para o terminando sua localização geográfica : “x” e “y”, enquanto um polilinha requer um tipo e a referência espacial. ÿ Recurso de interesse pode ser associada a outra fea turas de interesse, que em turno deve permitir um multi geovisualização em escala.

Intervenção Dominante de TI. Com esses princípios de design definidos, iniciamos a intervenção adotando uma abordagem de TI-Dominante para as próximas etapas da etapa de “construção, intervenção e avaliação”. Essa abordagem define que um artefato de TI é “instanciado continuamente e repetidamente testado por meio de intervenção organizacional e submetido às suposições, expectativas e conhecimento dos membros participantes” (SEIN et al., 2011). Inicialmente, pretendíamos implementar um simples add-on que pudesse ser incorporado ao sistema de informação existente do Cemaden, o SALVAR, mas não conseguimos por questões organizacionais e mudanças. Portanto, projetamos uma nova versão do protótipo SDSS, denominada AGORA-DS, que é baseada e semelhante ao IS existente. Este protótipo pode ser considerado como uma nova versão de nossos trabalhos anteriores (HORITA et al., 2014a; HORITA et al., 2015). Ele agora incorporou um conjunto de recursos que foram definidos como uma forma de incorporar os princípios de design. A Figura 49 mostra a arquitetura AGORA-DS usando a notação do diagrama de componentes da UML.

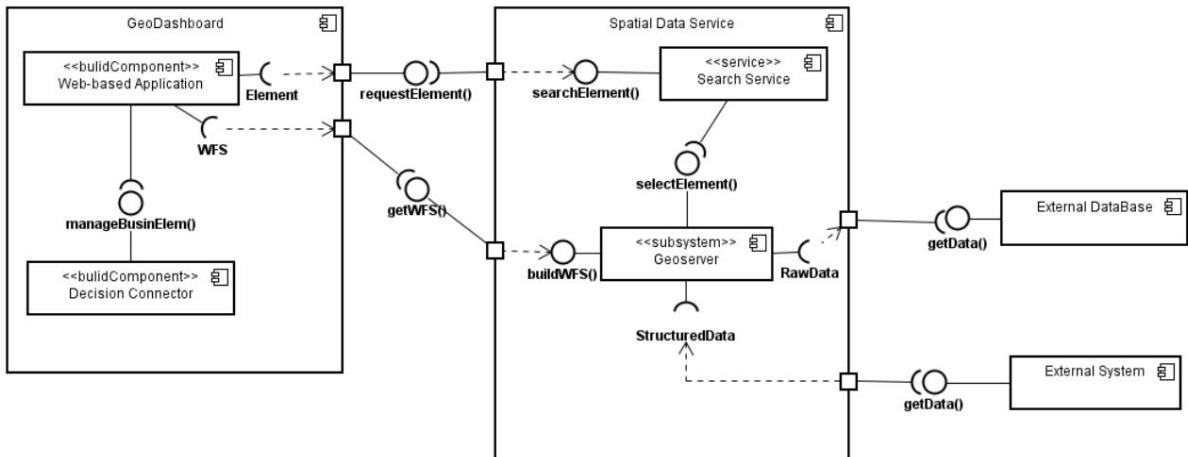


Figura 49 – Arquitetura AGORA-DS que incorpora os princípios de design.

A arquitetura consiste em dois componentes principais com responsabilidades complementares. Primeiro, o **Serviço de Dados Espaciais**, no meio, visa tratar os dados fornecidos por diferentes fontes. Isso significa fornecer interfaces para coletar os dados, armazená-los em bancos de dados apropriados e desenvolver interfaces para sistemas externos acessarem os dados. Para realizar essas tarefas, este componente principal é composto por dois subcomponentes: (a) o Geoservidor é responsável por armazenar e compartilhar os dados espaciais; e, (b) o serviço de Pesquisa que realiza consultas no banco de dados do geoservidor. No Geoservidor, os dados podem ser compartilhados através dos padrões de serviço geoespacial , WFS. Usamos WFS em vez de WMS porque ele suporta operações complexas de consulta sobre recursos geográficos que resultam em baixo tempo para processamento de dados no lado do cliente (ZHANG; LI, 2005). O serviço de Pesquisa pode realizar consultas com base em critérios temporais e temáticos especificados pelos usuários. O parâmetro de pesquisa temporal determina um período em termos de datas de início e término. O parâmetro de busca temática utiliza valores fornecidos pelos usuários para comparação de atributos do banco de dados; por exemplo, município ou ids. Também são permitidas pesquisas que combinem os dois parâmetros, por exemplo, todos os dados do Rio de Janeiro (temáticos)

Janeiro de 2015 a janeiro de 2016 (temporário). Em suma, o tratamento de dados para obter a sua localização espacial permitiu-nos operacionalizar o princípio de design de “Integração de dados baseada em localização” (DP3).

O segundo componente principal da arquitetura é o **GeoDashboard**, do lado esquerdo, que é responsável por fornecer uma interface de interação com os usuários. Para fazer isso, ele define dois subcomponentes: o aplicativo baseado na Web e o conector de decisão. O aplicativo baseado na web exibe os dados em um painel de visualização simples. O termo “painel”, bastante conhecido no campo da análise de negócios, refere-se a um sistema de informação que visa fornecer as informações mais importantes necessárias para apoiar a tomada de decisão (FEW, 2006; LIANG; MIRANDA, 2001). Quando os fatores geoespaciais também são importantes para apoiar a tomada de decisão (por exemplo, localização de clientes e rotas de transporte), pode ser chamado de "GeoDashboard" (HORITA et al., 2014a). Além disso, o conector de decisão visa permitir configurar o sistema para gerenciar a vinculação de uma decisão com seus requisitos de informação, e então fontes de dados associadas.

Com base nesses componentes, o AGORA-DS foi desenvolvido usando uma abordagem de microsserviços. Nesta abordagem, cada componente tornou-se um serviço individual que realiza uma tarefa específica (por exemplo, coletar dados de fontes externas) e pode fornecer uma interface para comunicação. Esses serviços foram então colocados online em contêineres individuais do Docker, a comunicação¹ é feita por meio de chamadas RESTful e padrões de serviço geoespacial (por exemplo, WFS). O aplicativo baseado na web foi desenvolvido usando AngularJS em conjunto com OpenLayers para manipulação de dados geoespaciais. Todos os outros serviços foram desenvolvidos usando Java como linguagem de programação. Os dados de configuração do componente conector de negócios foram armazenados em um banco de dados NoSQL chamado MongoDB. Isso foi escolhido porque torna o desenvolvimento mais fácil do que bancos de dados relacionais que exigem a definição de estruturas complexas de dados, mesmo para recursos simples.

O AGORA-DS foi desenvolvido principalmente para operacionalizar os princípios de design de “usuário define os requisitos de informação das decisões” (DP1), “configuração controlada pelo usuário de fontes de dados com mapeamento para informações necessárias” (DP2) e “geovisualização multiescala” (DP4) por meio de recursos incorporados em seu aplicativo baseado na web. Em primeiro lugar, além de exibir dados importantes, esse aplicativo baseado na web forneceu um recurso específico que permitiu que os usuários tomassem uma decisão. Essa configuração está associada ao componente conector de negócios, que gerencia a vinculação de uma decisão com seus requisitos de informações e, em seguida, às fontes de dados associadas. A Figura 50 exibe a tela relacionada a esse recurso no aplicativo baseado na web.

O aplicativo baseado na web do AGORA-DS também oferece um recurso que permite aos usuários configurar todas as informações associadas a um local específico (Figura 51), por exemplo, o valor analítico com seu valor de referência, cor indicativa e propriedade observável. Uma vez que o usuário configura essas informações, o sistema utiliza o valor analítico como um item de informação de uma regra de negócio do local e o emprega para analisar todos os dados disponíveis relacionados a

¹ <<http://www.docker.com>>

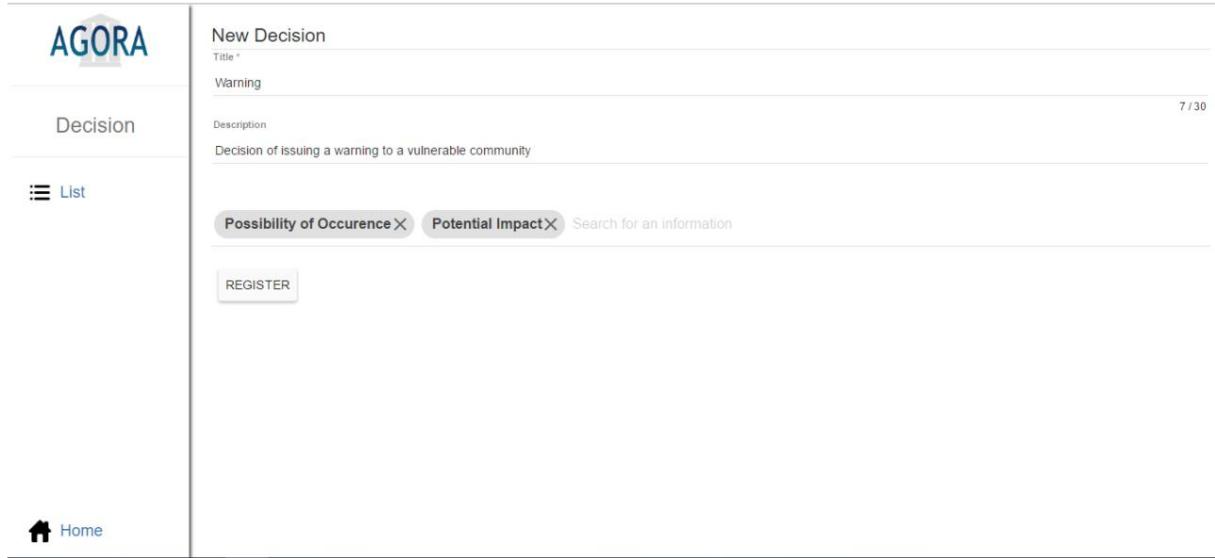


Figura 50 – Recurso “Configuração de decisão” do aplicativo baseado na web do AGORA-DS.

a propriedade observável. Por exemplo, se os dados referentes ao valor acumulado de uma chuva (propriedade observável) nas últimas 24 horas (valor de referência) atingirem 40mm (valor analítico) o fabricante associado à localização no mapa será destacado em vermelho (cor indicativa).

PropertyId	Value	
P	40	
P	20	

Figura 51 – Recurso “Configuração de localização” do aplicativo baseado na web do AGORA-DS.

No caso de configurar mais de um valor analítico para a mesma (ou diferente) observação (por exemplo, um valor analítico para precipitação de 40mm e outro para nível de água de 4cm), o marcador no mapa será colorido pelo primeiro valor observável que atingir o valor analítico.

Finalmente, o aplicativo baseado na web do AGORA-DS suporta um detalhamento geográfico, que usa as informações configuradas para um local para colorir um recurso no mapa. Ao fazer isso, os usuários podem passar de camadas mais consolidadas para camadas detalhadas (por exemplo, de regiões para estados)

com foco em uma área de interesse (por exemplo, uma cidade ou área específica). A Figura 52 mostra um exemplo desse recurso no Brasil.

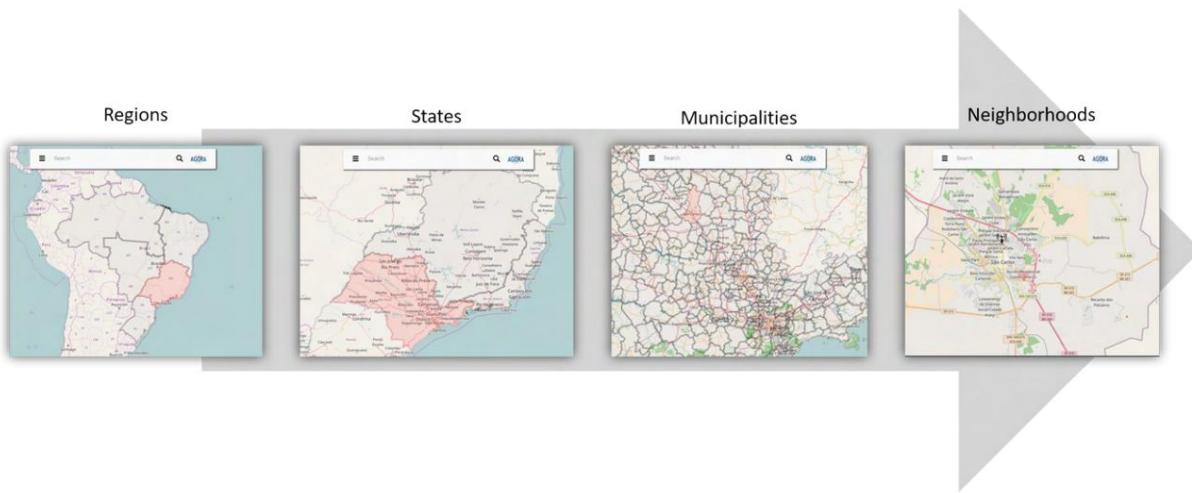


Figura 52 – Recurso “Drill-down geoespacial analysis” do aplicativo baseado na web do AGORA-DS.

Depois que os princípios foram implementados pelos recursos do aplicativo baseado na web do AGORA-DS, pudemos avaliar na prática a utilidade dos princípios de design para apoiar a tomada de decisões em ambientes dinâmicos com big data espacial heterogêneo fontes.

Avaliação . A avaliação de uma intervenção TI-Dominante pode ocorrer em duas fases: (a) fase inicial, por meio de intervenções leves em um contexto organizacional limitado; e (b) fase madura quando o artefato é incluído em um ambiente organizacional mais amplo. Devido a limitações de tempo e questões organizacionais, o escopo deste trabalho incluiu uma avaliação em uma fase inicial.

Para compreender tanto o processo avaliativo quanto o objeto avaliativo, adotamos o Modelo de Prática Conceitual de Avaliação proposto por (GOLDKUHL; LAGSTEN, 2012). Este modelo define seis conceitos importantes para apoiar o avaliador na estruturação e melhor compreensão das variáveis do seu processo de avaliação. Foi proposto um conjunto de questões para subsidiar a definição de cada um dos conceitos de avaliação; por exemplo, as perguntas “O que deve ser avaliado?” e “Sobre o que devemos dizer algo?” pode ser útil para determinar o objeto de avaliação. A Tabela 13 resume os conceitos de avaliação relacionados à avaliação precoce da intervenção TI-Dominante proposta.

Tabela 13 – Conceitos de avaliação relacionados à avaliação precoce da intervenção IT-Dominante proposta.

Avaliação Conceito	Especificação
Objeto	O objeto de avaliação global é a decisão espacial sistema de suporte que incorpora os princípios de design, principalmente os recursos desenvolvidos, ou seja, as configurações de localização , configurações de decisão e análise geoespacial drill-down .
Propósito	Esta avaliação tem como objetivo analisar e avaliar a utilidade dos princípios propostos para apoiar tomada de decisão em ambientes dinâmicos com fontes de dados espaciais heterogêneas.
Base Conceitual	<p>Base conceitual principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> ÿ Tomada de decisão orientada por dados (NOVAK; PAU LOS; CLAIR, 2011; GOPALKRISHNAN et al., 2012; MALSBENDER et al., 2013; KURNIAWATI; PERNAS; BEKMAMEDOVA, 2013; WAMBA et al., 2015; KLEINDIENST; ENFERMEIRO; SCHOCH, 2015). ÿ Sistemas de apoio à decisão espacial (DENSHAM, 1991; RUSHTON, 2001; SUGUMARÃ; SUGUMARAN, 2007). ÿ Sistemas de alerta precoce (Chatfield & Brajaw idagda, 2013; De León et al., 2006; Picozzi et al. al., 2015). ÿ Características espaciais (Dominkovics et al., 2011).

Continuar na próxima página

Tabela 13 – Conceitos de avaliação relacionados à avaliação precoce da intervenção TI-Dominante proposta
 (contínuo).

Avaliação Conceito	Especificação
Critério	<p>Esta avaliação utiliza a estratégia baseada em critérios do Sistema de TI em uso para explorar a utilidade dos princípios de design no design de um SDSS para apoiar as atividades de um tomador de decisão em ambientes dinâmicos com fontes de big data geoespaciais heterogêneas. Essa estratégia significa que a avaliação é realizada de acordo com alguns critérios gerais pré-definidos e que o objeto de avaliação é o sistema de TI em uso (CRONHOLM; GOLDKUHL, 2003). Assim, os critérios adotados para a avaliação são a utilidade e eficácia dos princípios de projeto no tratamento de big data geoespacial heterogêneo.</p>
Dados	<p>Medição das seguintes tarefas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ÿ Explorando o recurso “configurações de localização”, ÿ Explorando o recurso “configurações de decisão”, ÿ Explorando o recurso “análise espacial detalhada ic”. <p>Dados coletados de tomadores de decisão (ou seja, participantes) e designer de avaliação em relação aos seguintes critérios (princípios de design propostos):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário define os requisitos de informação das decisões, 2. Configuração controlada pelo usuário de fontes de dados com mapeamento para informações necessárias, 3. Integração de dados baseada em localização, 4. Geovisualização multiescala.

Continuar na próxima página

Tabela 13 – Conceitos de avaliação relacionados à avaliação precoce da intervenção TI-Dominante proposta (contínuo).

Avaliação Conceito	Especificação
Procedimento	<p>Inicialmente, o AGORA-DS é apresentado ao participante da avaliação por meio de uma sessão de demonstração. Todos os detalhes sobre cada funcionalidade desenvolvida são descritos e apresentados. Esta sessão é seguida de uma entrevista semiestruturada com o participante para recolher as suas impressões/opiniões sobre as características. Métodos empregados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ÿ Sessão de demonstração, ÿ Entrevistas semiestruturadas.
Avaliar [Avaliador]	<p>Avaliadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ÿ Projetista avaliador, ÿ Tomadores de decisão de uma sala de controle de monitoramento do Cemaden (participantes).
Resultado da avaliação	<p>Os detalhes dos resultados obtidos com esta avaliação serão resumidos principalmente por meio de artigos, bem como relatórios de estudos de caso, que devem ser publicados em revistas e conferências de renome.</p>

Continuar na próxima página

Tabela 13 – Conceitos de avaliação relacionados à avaliação precoce da intervenção TI-Dominante proposta (contínuo).

Avaliação Conceito	Especificação
Usar [Destinatário]	<p>Esta avaliação tem três destinatários principais. Primeiro, os tomadores de decisão da sala de controle de monitoramento do Cemaden (usuários finais), pois suas atividades seriam aprimoradas com um sistema de análise de dados mais valioso e útil. Em segundo lugar, os princípios de design são de particular interesse para os pesquisadores, pois fornecem importantes contribuições para o campo de pesquisa. Por fim, esses princípios compõem um artefato de conjunto que apoia desenvolvedores interessados no desenvolvimento de SDSS para ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo. Esse artefato de conjunto também compreende a arquitetura SDSS que incorpora os princípios de design.</p>

Com base nos conceitos de avaliação definidos no método do Modelo de Prática Conceitual de Avaliação, estávamos prontos para realizar a avaliação do AGORA-DS (ver Anexo C). Dessa forma, um total de seis sessões de avaliação individual foram realizadas por um dos autores de 28 a 30 de novembro de 2016 com membros do Cemaden em São José dos Campos, Brasil. Apenas os membros que trabalham na sala de controle de monitoramento do centro e tiveram que lidar com um desastre antes, puderam participar da avaliação. Durante essas sessões, o avaliador detalhou o contexto da pesquisa e os trabalhos anteriores, apresentou e demonstrou todos os recursos existentes no AGORA-DS e, em seguida, entrevistou o participante.

Os resultados da avaliação serviram de base para a etapa de reflexão e aprendizagem que se descreve a seguir.

6.3.2.2 Etapa 3: Reflexão e Aprendizagem

Através da análise dos resultados obtidos na “construção, intervenção e avaliação” Nesta etapa, o objetivo aqui foi entender como o AGORA-DS e seus princípios de design incorporados podem afetar a prática na sala de controle de monitoramento do Cemaden. Os resultados da avaliação forneceram implicações positivas da nossa intervenção.

Primeiramente, a análise de dados espaciais utilizando o recurso drill-down mostrou-se como uma alternativa relevante que poderia facilitar a tomada de decisão na sala de monitoramento. A possibilidade de estabelecer primeiro a situação geral de uma área e depois focar nos locais que

exigir mais atenção foi considerado um ativo valioso no que diz respeito ao suporte à tomada de decisão com fontes de dados espaciais heterogêneas. Juntamente com as cores indicativas, agilizaria a tomada de decisão, pois o usuário não precisaria passar por todas as fontes de dados, ele analisaria aquelas que estivessem marcadas com a cor mais representativa. Por exemplo, como foi observado nos seguintes comentários:

“Como estamos monitorando todo o país, quando se constata um problema na região sudeste, basta clicar nele e verificar o problema. . . Você pode tomar uma decisão mais rápida porque não está olhando todos os dados, já tem a cor indicativa mostrando os locais que precisam de atenção.”

“Para mim, é interessante [a análise de detalhamento]; Por exemplo, quando você passa do global para o regional selecionando a região sudeste, e então ao clicar em São Paulo [um estado da região sudeste], são mostrados esses municípios em condição de alerta. No geral, não vou perder tempo passando por todos os sensores disponíveis, serão indicados no mapa aqueles que atingiram o limite.”

Da mesma forma, os praticantes pareciam valorizar o fato de tomar decisões com base em dados geoespaciais. Isso porque a visualização em formato geográfico pode proporcionar uma melhor análise contextual daquelas exibidas em forma de tabela. Como resultado, os tomadores de decisão podem ter melhores informações à mão e, assim, uma tomada de decisão mais rápida pode ser feita. Para explicar esse fato, um geólogo forneceu o seguinte exemplo:

“Quando vejo um evento chuvoso em uma área montanhosa, sei que os problemas de hidrologia são mais rápidos do que os de uma região plana. Então, se o sistema destaca em vermelho a área próxima à Região Serrana de São Paulo, para mim, já sei que deve ser emitido um alerta. O mesmo deve ser feito quando se destaca um location at the Coastal Region of São Paulo.”

A gestão das fontes de dados foi outra vantagem mencionada pelo praticantes; por exemplo, a inclusão de novas fontes de dados para apoiar a análise de áreas vulneráveis. Isso é particularmente importante porque as fontes de dados podem surgir de áreas não monitoradas anteriormente ou quando sensores mais precisos são instalados em áreas monitoradas. Além disso, vários profissionais apreciaram a possibilidade de selecionar as informações que desejam visualizar no sistema, principalmente porque isso não sobrecarregaria o sistema com informações inúteis (ou não interessantes). Um geólogo expressou esses fatos da seguinte maneira:

“Se o sistema me permitir remover as informações que eu não quero. Para mim, é interessante porque o sistema não está sobrecarregado; por exemplo, há muitas camadas aqui [ou seja, no sistema de informação atual em uso no Cemaden] que eu não preciso ou nunca usei antes.”

Além disso, um comentário recorrente dos profissionais foi que a tomada de decisão na sala de controle de monitoramento está sempre associada a um local de interesse. Isso acontece porque as informações necessárias para tomar uma decisão (por exemplo, limite de inundação) mudam de lugar para lugar. Portanto, a integração de dados com base na localização é particularmente valiosa, como observou um meteorologista ao usar o AGORA-DS:

“Definir a tomada de decisão por regiões é interessante porque os limites críticos são muito diferentes entre as regiões. Portanto, uma tomada de decisão nas regiões Sudeste e Sul do Brasil é diferente da do Nordeste.

Por exemplo, na Região Litoral de São Paulo eu emitiria um alerta quando o volume de chuva chegasse a 100mm mas, no Nordeste, esse valor seria seja 40mm.”

Da mesma forma, vários profissionais mencionaram que uma análise baseada em localização usando a web A aplicação baseada no AGORA-DS era mais fácil porque eles podiam entender a situação geral em uma área. Além disso, o aplicativo baseado na web pode permitir que os profissionais identifiquem problemas potenciais em locais com fontes de dados conflitantes; por exemplo, quando os sensores estão indicando a possibilidade de um evento e outros sensores, que estão localizados na mesma área, estão indicando uma situação contrária. Um geólogo usou o seguinte exemplo para explicar esse fato:

“A localização é essencial. . . Hoje, emitimos um alerta para Nova Friburgo, e entre 5 a 6 estações, apenas uma estação estava indicando uma possibilidade muito alta de um evento na região norte da cidade. . . Porque, às vezes, os membros da proteção civil estão localizados no centro da cidade que é ensolarado; porém, na região norte, onde há área de risco, está chovendo e eles não percebem. Então, facilitaria a análise das áreas porque você pode ver geograficamente os elementos.”

Juntos, a integração de dados com base na localização, a definição dos requisitos das decisões e o gerenciamento das fontes de dados são particularmente importantes para ampliar a cobertura das áreas monitoradas na sala de monitoramento e tomar decisões mais rápidas e informadas.

Além das implicações positivas mencionadas, a análise dos resultados obtidos na etapa de “construção, intervenção e avaliação” também evidenciou pontos em que nossa intervenção pode ser aprimorada. Por exemplo, esperava-se que o princípio de configuração de fontes de dados controladas pelo usuário com um mapeamento para as informações necessárias permitisse aos usuários gerenciar facilmente suas fontes de dados. Assim, eles seriam capazes de visualizar apenas as fontes de dados mais interessantes para apoiar sua tomada de decisão. No entanto, o feedback de um geólogo destaca que a maioria dos tomadores de decisão na sala de controle de monitoramento pode não ter um conhecimento ou experiência que lhes permita estabelecer uma comunicação com uma fonte de dados, por exemplo, reunir as informações necessárias para configurar uma chamada RESTful.

“Quando tenho que configurar uma fonte de dados é difícil. Eu tenho que colocar um caminho aqui e o servidor pode ficar offline...Na minha opinião, é uma tarefa complicada, que exige um conhecimento que eu não tenho e outros usuários não têm...Ninguém aqui é de tecnologia da informação ...Não devemos fazer essa configuração, mas sim os desenvolvedores de software.”

Além disso, todas as informações exigidas podem não ser fornecidas pela instituição por outros motivos (por exemplo, erros de digitação), bem como as informações existentes não foram atualizadas quando uma nova versão das fontes de dados foi configurada. Esses problemas apresentam desafios e podem levar um tempo que os membros da sala de controle de monitoramento não têm. Da mesma forma, o uso de uma nova fonte de dados pode exigir um acordo bilateral prévio entre o fornecedor (por exemplo, ANA) e o consumidor (por exemplo, Cemaden) devido a questões legais sobre o uso dos dados fornecidos. Isso está além do escopo da sala de controle de monitoramento e seria feito por outros departamentos do centro.

Outro ponto de discussão foi o tempo gasto para configurar todos os pontos de interesse (features) um a um. Os tomadores de decisão da sala de controle de monitoramento do Cemaden têm disponíveis em sua própria rede de sensores quase 6.000 sensores entre estações hidrológicas, pluviômetros e radares meteorológicos, para configurar todos esses sensores levaria um tempo para ser feito. Isso pode se tornar ainda mais complexo e árduo quando consideramos as plataformas de crowdsourcing, bem como as fontes de dados de outras agências (por exemplo, ANA). Durante as entrevistas, um meteorologista sugeriu que o recurso de “configuração de localização” do AGORA-DS fosse mais flexível e permitisse aos usuários configurar as informações não apenas no nível do sensor, mas também nos níveis de região, município e estado:

“A configuração dos sensores é interessante. Porém, na minha opinião, a interface pode ser alterada selecionando mais de um sensor, ou todos os sensores de um município ou região de um estado.”

A citação acima sugere que uma vez que um decisor configura o valor analítico para uma região específica de um município. Este valor seria assumido como um item de informação de uma regra de negócio por todos os sensores localizados neste local. Por sua vez, pode ser empregado para analisar os dados relacionados à propriedade observável indicada. Por exemplo, um tomador de decisão determina que o volume acumulado de uma chuva (propriedade observável) nas últimas 24 horas (valor de referência) na região Norte do Rio de Janeiro pode ser perigoso quando atinge 40mm (valor analítico). Então, todos os pluviômetros localizados nesta região assumem este valor (40mm) como um item de informação de sua análise. De fato, o princípio da análise multiescala baseada em localização ainda tem potencial para melhorias adicionais.

6.3.2.3 Etapa 4: Formalização da Aprendizagem

Na etapa final, os resultados obtidos durante o projeto de pesquisa em design-ação devem ser formalizado em lições relevantes aprendidas. Isso significa entender e descrever os resultados de as intervenções propostas (os artefatos do conjunto) em uma classe mais geral de soluções, ou seja, alcançar a generalização dos resultados. Pode ser alcançado através de uma abordagem de três níveis (SEIN et al., 2011): (1) a generalização do problema, (2) a generalização da solução e (3) a definição dos resultados da intervenção como um conjunto de princípios de design.

Aqui, como mencionado anteriormente, estamos abordando a classe particular de problemas de campo de SDSSs que leva em conta os requisitos dos tomadores de decisão em ambientes dinâmicos para entender big data geoespacial heterogêneo. Com base na análise dos resultados da reflexão e aprendizagem, o AGORA-DS pode ser considerado definitivamente como um representante da classe do SDSS. Da mesma forma, isso resultou na definição de um conjunto de princípios de design que podem ser empregados para a criação de outras instâncias dessa classe de soluções. Esses princípios são descritos na seção a seguir.

6.4 Discussões

Esta pesquisa visa desenvolver e avaliar princípios de projeto para SDSSs que incorporem os requisitos dos tomadores de decisão de ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo. Para tanto, foi realizado um projeto de pesquisa em design de ação de dois ciclos dentro do Cemaden.

No primeiro ciclo, a equipe de pesquisa de design de ação se concentrou na identificação de possíveis problemas nas atividades diárias da sala de controle de monitoramento do Cemaden. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com membros dessa sala, bem como observação participante com grau limitado de interação por parte da pesquisadora. A avaliação dos dados coletados levantou importantes desafios do contexto de aplicação; por exemplo, há um atraso notável na tomada de decisão que é causado pela necessidade de analisar dados de vários sistemas de monitoramento diferentes. Esses desafios serviram de base para definir tanto a questão principal quanto a hipótese de trabalho da

esta pesquisa, que por sua vez foram as motivações para o segundo ciclo do projeto de pesquisa em design de ação.

No segundo ciclo, um conjunto de princípios iniciais de design foi desenvolvido: os princípios de (a) usuário define os requisitos de informação das decisões, (b) configuração controlada pelo usuário de fontes de dados com um mapeamento para informações necessárias, (c) localização-integração de dados baseada, e (d) geovisualização multiescala. Esses princípios foram baseados em uma estrutura teórica que combina teorias de áreas complementares, como processos de negócios, tomada de decisão e análises baseadas em localização. Um protótipo do SDSS foi implementado para incorporar esses quatro princípios, denominado AGORA-DS. Isto permitiu-nos avaliar na prática a sua eficácia na resolução dos problemas identificados. A análise de seus resultados mostrou que nossa intervenção com os princípios de design propostos trouxe tanto implicações positivas para a prática e pesquisa, quanto alguns pontos que ainda carecem de melhorias. Assim, os princípios de design foram revisados e refinados com o objetivo de melhor refletir esses novos requisitos e, assim, fornecer contribuições relevantes para a teoria do design, além de importe pesquisas.

6.4.1 Teoria do Projeto de um SDSS para Ambientes Dinâmicos com Big Data Geoespacial Heterogêneo

Esta seção detalha os princípios de design e os princípios revisados que foram desenvolvido no projeto de pesquisa em design de ação.

6.4.1.1 Princípio do Usuário define os Requisitos de Informação das Decisões

O princípio do usuário define os requisitos de informação das decisões determina que uma decisão deve ser definida no sistema de acordo com suas informações requeridas, pois proporciona um melhor entendimento de suas variáveis. A razão desse princípio foi definir quais informações são necessárias e essenciais para a tomada de uma decisão específica. Ao permitir que um usuário defina esse relacionamento, um sistema se torna flexível o suficiente para abordar a dinamicidade intrínseca de um contexto de aplicação. Por outro lado, os tomadores de decisão têm uma visão clara sobre a falta de dados para preencher as informações necessárias.

A avaliação na prática por meio do AGORA-DS mostrou que esse princípio é particularmente relevante, pois pode reduzir a sobrecarga de informações que pode ser causada pelo volume de big data, ou seja, apenas as informações necessárias são exibidas.

6.4.1.2 Princípio revisado de configuração controlada pelo usuário de fontes de dados com mapeamento para informações necessárias

O princípio da configuração de fontes de dados controlada pelo usuário com um mapeamento para as informações necessárias especifica que as fontes de dados devem ser configuradas para atender aos requisitos das decisões.

Esse princípio foi motivado pelo desejo de fornecer um entendimento claro sobre quais fontes de dados são mais apropriadas para apoiar uma tomada de decisão. Além disso, o mapeamento com as informações necessárias forneceria uma base para que os tomadores de decisão desenvolvessem novos métodos de coleta de dados ou identificassem a falta de fontes de informação adequadas.

A avaliação do usuário, conforme implementada no AGORA-DS, indicou que os usuários acharam este princípio útil para sua tomada de decisão. A possibilidade de gerenciar fontes de dados para análise é particularmente valiosa no contexto da aplicação, pois novas fontes podem surgir em tempo real, enquanto fontes existentes podem se tornar ineficazes. Da mesma forma, a inclusão de fontes de dados funciona como uma fonte complementar de informações, o que amplia a cobertura das áreas monitoradas ou fornece informações mais precisas nas localizações das fontes de dados existentes.

Por outro lado, a configuração tecnológica da comunicação com uma fonte de dados deve ser entendida como fora do escopo dos usuários finais. É porque a maioria deles pode não ter conhecimento para realizar tal configuração ou um acordo bilateral prévio deve ser estabelecido.

Diante desses pontos, ficou claro que os tomadores de decisão não estão interessados em configurar as fontes de dados, mas sim em escolher, de uma lista pré-determinada, quais fontes de dados devem ser visualizadas no sistema, como observou um geólogo “Eu teria a possibilidade de alterar as fontes de dados. Isto é interessante.”. Diante disso, sugerimos que o princípio de configuração de fontes de dados controladas pelo usuário com mapeamento para informações necessárias seja renomeado para “visualização de fontes de dados selecionadas pelo usuário”. Isso significa que o SDSS deve permitir que um usuário selecione as fontes de dados das quais deseja visualizar dados de uma lista predeterminada de fontes de dados disponíveis. Portanto, os usuários ainda têm um entendimento claro sobre as fontes de dados mais úteis, mas não são responsáveis por configurar a fonte de dados.

6.4.1.3 Princípio revisado de integração de dados baseada em localização

Como os dados disponíveis podem estar frequentemente associados a um ponto de interesse específico, o princípio da integração de dados baseada em localização especifica que esse local deve ser usado como uma característica comum para alcançar a integração. Este princípio de projeto foi motivado pelo fato de que há uma necessidade notável em mudar continuamente as variáveis de decisão e valores de medição por local. Por meio do AGORA-DS, esse princípio foi avaliado na prática. Os resultados obtidos mostraram que os usuários acharam esse princípio interessante e pode melhorar sua tomada de decisão, pois ainda possuem diferentes requisitos de informação entre os usuários locais.

No entanto, os resultados da avaliação também destacaram um ponto importante para o aprimoramento desse princípio. O sistema deve permitir que os usuários configurem a integração de dados para locais individuais, bem como para um grupo de locais (por exemplo, um bairro). Isso ocorre porque um tomador de decisão pode estar interessado em um nível mais geral de análise (por exemplo, um município) em vez de um nível mais específico (por exemplo, uma estrada). Desta forma, sugerimos que o princípio da localização

integração de dados seja refinada para ler “integração de dados geoespaciais multiescala”. Ao suportar uma configuração em diferentes escalas espaciais, os sistemas abordam o problema levantado na prática e devem fornecer uma configuração flexível de integração de dados para os usuários. Por exemplo, um tomador de decisão poderia determinar que o valor analítico das chuvas para todo o Estado de Pernambuco é de 60mm; entretanto, devido a questões geológicas particulares em alguns bairros do Recife, o valor analítico é de 30mm de chuva. Em outras palavras, um usuário pode configurar o sistema de um local geral (por exemplo, um estado) para um local mais específico (por exemplo, uma região de um município).

6.4.1.4 Princípio da Geovisualização Multiescala

O princípio da geovisualização multiescala especifica que um sistema deve exibir os dados por meio de uma abordagem de visualização multiescala. Por um lado, visa facilitar a análise de big data geoespacial, filtrando-os em níveis de visualização mais consolidados.

Ao mesmo tempo, pode agilizar a tomada de decisão em ambientes dinâmicos, pois as modificações nas informações de níveis mais específicos se refletem em níveis mais gerais de visualização. Por exemplo, um gestor de tráfego pode identificar facilmente os bairros que requerem mais atenção ao analisar o “quadro geral” da situação atual de seu município.

A avaliação do usuário, como foi implementada no AGORA-DS, revelou que este princípio é valioso para apoiar a análise de big data. É porque fornece uma visão geral consolidada dos dados disponíveis em vez de um grande volume de dados individuais. Isso, por sua vez, torna mais rápida e prática a tomada de decisão, pois os usuários não perdem tempo analisando milhares de dados.

Além disso, os princípios da geovisualização multiescala e a versão revisada da integração de dados baseada em localização pareciam incorporar recursos valiosos que poderiam tornar mais fácil e rápida a análise de big data. Da mesma forma, tem um grande potencial para atender à necessidade de análise de dados de diferentes sistemas. A Figura 53 resume a teoria de projeto para SDSS que incorpora os requisitos dos tomadores de decisão para apoiar a tomada de decisões em ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo.

6.4.2 Implicações para Prática e Pesquisa

Três implicações importantes para a prática e pesquisa também foram identificadas a partir do desenvolvimento de princípios de design e sua implementação na prática. Para começar, o arcabouço teórico que foi desenvolvido com base em modelos padrão de processos de negócios e análises geoespaciais (Figura 48) pode ser considerado outra valiosa contribuição desta pesquisa. Embora mais pesquisas ainda sejam necessárias, acreditamos que nossas descobertas com essa estrutura contribuem para uma melhor compreensão do relacionamento entre as partes interessadas, tarefas de negócios, informações e dados. Isso, por sua vez, é importante porque permite que profissionais e pesquisadores descrevam as associações entre os dados, o que pode afetar a análise de dados fornecidos por diferentes fontes.

Problems from practice

- There is not a clear understanding about the information required for decision-making.
- Delayed decision-making caused by the necessity of analyzing different data sources.
- Necessity of continuously changing the decisions' variables and values per location

Requirements for SDSS of dynamic environments

- Decisions should consist of information requirements and a decision rule.
- A decision rule should consist of a set of information items that must be associated with an information requirement required by the decision.
- Information items should require an analytical value, which supports data analytics.
- Features of interest should be associated with a set of specific properties, which aims at characterizing and describing them.
- Information items of decision rules should be associated with properties of a feature of interest, which in turn supports the understanding of the lack data
- Since a property can characterize features of interest, its descriptive value should be determined by the observations.
- Information items should be thus associated with appropriate data sources.
- The association of information with data sources should be flexible for allowing the inclusion (or exclusion) of data sources, as well as the changing of existing data sources.
- A connection string should be required for allowing the authentication with the data source.
- A data source should consist of a group of individual observations (also known as data).
- Observations should require a date of creating and a descriptive value.
- Once information items are associated with properties of a feature of interest, this should allow the data integration based on their associated location.
- Decision rules provide an understanding of how information items should be combined.
- A feature of interest is associated with a geographic location, which in turn could be represented either by an individual point or by a polyline (i.e., square or triangle).
- A point should require two essential information for determining its geographic location: "x" and "y", while a polyline requires a type and the spatial reference.
- Feature of interest may be associated with other features of interest, which in turn should allow a multiscale geovisualization.

Design principles for SDSS of dynamic environments with heterogeneous geospatial data sources

- User defines the information requirements of decisions
- User-selected data sources visualization
- Multiscale geospatial data integration
- Multiscale geovisualization

Figura 53 – Uma teoria de projeto de um SDSS para apoiar a tomada de decisão em ambientes dinâmicos com big data geoespacial heterogêneo.

Por exemplo, a reputação de um fornecedor pode ser determinada por meio da análise de mídias sociais e banco de dados histórico. Os resultados obtidos com o framework também determinam que os dados disponíveis deve estar sempre relacionado a uma ou mais propriedades observáveis, que visam caracterizar os dados, por exemplo, o valor (propriedade observável) de um produto é U\$ 28,00 (dados). Portanto, um ponto de interesse específico (por exemplo, uma estrada) consiste em um conjunto de propriedades observáveis (por exemplo, limite de velocidade e condição de tráfego) que, por sua vez, podem ser medidas por dados determinados (por exemplo, 40km/he tráfego intenso). Vale ressaltar que os dados que medem um imóvel podem mudar ao longo do tempo, por exemplo, quando um prefeito do município decide alterar o limite de velocidade de 40km/h para 50km/h.

As descobertas desta pesquisa também sugerem que profissionais e pesquisadores devem entender como esses dados seriam úteis para atender seus requisitos de informação antes de iniciar o uso de big data geoespacial. Por um lado, visa evitar a visualização de informações que não são necessárias para a tomada de decisão e, portanto, podem se tornar inúteis. Por outro lado, poderia economizar tempo que seria gasto no processamento de um grande volume de dados que talvez não respondesse às perguntas dos usuários-alvo. Esses achados estão de acordo com trabalhos anteriores que estão focados em analisar o uso de big data na tomada de decisão (DOLIF et al., 2013; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; GOPALKRISHNAN et al., 2012; TAYLOR et al., 2013; WAMBA et al., 2015). Mais importante, eles não descrevem um processo de design para sistemas de suporte à decisão que abordem essas questões.

Além disso, ao projetar um SDSS para ambientes dinâmicos com fontes heterogêneas de big data, pode ser necessária uma visão da perspectiva sociotécnica. Isso significa que os designers de software devem empregar um ciclo de três etapas para construir um artefato de TI, ou seja, a) primeiro eles precisam entender os requisitos dos tomadores de decisão (no que diz respeito aos requisitos de visualização de dados e informações); b) as intervenções são propostas e vivenciadas pelos usuários finais em seus ambientes de trabalho; c) finalmente, outras melhorias podem ser propostas a partir das lições aprendidas. Desta forma, os princípios de design podem atuar como diretrizes para apoiar no processo de design para o contexto particular de ambientes dinâmicos com fonte de big data heterogênea. Da mesma forma, esses princípios também podem configurar uma nova agenda de pesquisa para a pesquisa em design na área de SDSS aplicada a ambientes dinâmicos.

6.5 Observações Finais

Este capítulo apresentou um conjunto de princípios de design focados no SDSS para gerenciamento de desastres. No entanto, eles são capazes de suportar o projeto e desenvolvimento de SDSS para outros ambientes dinâmicos com fontes de dados geoespaciais heterogêneas (por exemplo, gerenciamento de tráfego). Estes foram derivados de um projeto de pesquisa-ação de dois ciclos com reuniões conjuntas, entrevistas semiestruturadas e sessões de grupos focais dentro do Cemaden.

Os resultados de nossa avaliação empírica indicaram que os princípios de projeto são capazes de apoiar o projeto de SDSS que utiliza um alto volume de dados geoespaciais heterogêneos para ambientes dinâmicos (por exemplo, em cenários com decisões ad hoc). Uma vez que uma pesquisa-ação visa abordar um problema prático como objetivo de um projeto de pesquisa, as contribuições fornecidas tanto para a prática quanto para a pesquisa são múltiplas. Em primeiro lugar, a visão consolidada da situação geral proporcionada pelo protótipo SDSS foi mencionada pelos decisores do contexto de avaliação como um recurso essencial que economizaria tempo na análise dos dados e, assim, agilizaria a tomada de decisão. Além disso, a situação geral estabelecida por meio da integração de dados fornecidos por fontes de dados distintas e heterogêneas, como estações hidrológicas, radares meteorológicos e pluviômetros, é relevante para estabelecer um “big picture” mais preciso. C

A avaliação também destacou que a configuração das informações necessárias impacta positivamente a tomada de decisão, pois apenas as informações necessárias são exibidas aos tomadores de decisão. O próprio protótipo do SDSS fornece uma contribuição útil para a prática, pois fornece artefatos baseados em TI que permitem o desenvolvimento de melhores SDSS enquanto, por outro lado, melhora a análise de dados dos usuários finais. Por fim, os princípios de design também podem configurar uma nova agenda de pesquisa para pesquisa em design na área de SDSS aplicada a ambientes dinâmicos.



CONCLUSÕES

Avanços na tecnologia da informação, como smartphones mais sofisticados, aprimoramento do GPS, surgimento da computação em nuvem e Internet das Coisas (IoT) abriram novas oportunidades para organizações e comunidades ampliarem sua compreensão dessas áreas. Por exemplo, dispositivos vestíveis podem ser usados para monitoramento remoto de saúde e sistemas de notificação de emergência (CHEN; MAO; LIU, 2014; ZHOU; FU; YANG, 2016). No entanto, embora todos esses dados tenham um grande potencial para melhorias, eles também produzem um fluxo avassalador de “big data” heterogêneo em formatos estruturados ou não estruturados, o que pode dificultar a tomada de decisão (HASHEM et al., 2015). Isso foi particularmente destacado no cenário representativo da gestão de desastres pelas revisões de literatura e estudos empíricos que foram realizados ao longo deste projeto. Por exemplo, o big data disponível pode não ser compartilhado no formato correto ou ser facilmente acessível. Eles também são muito dispersos, desconectados e propensos a erros e, por isso, não têm valor no apoio às tarefas dos tomadores de decisão (VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; DOLIF et al., 2013).

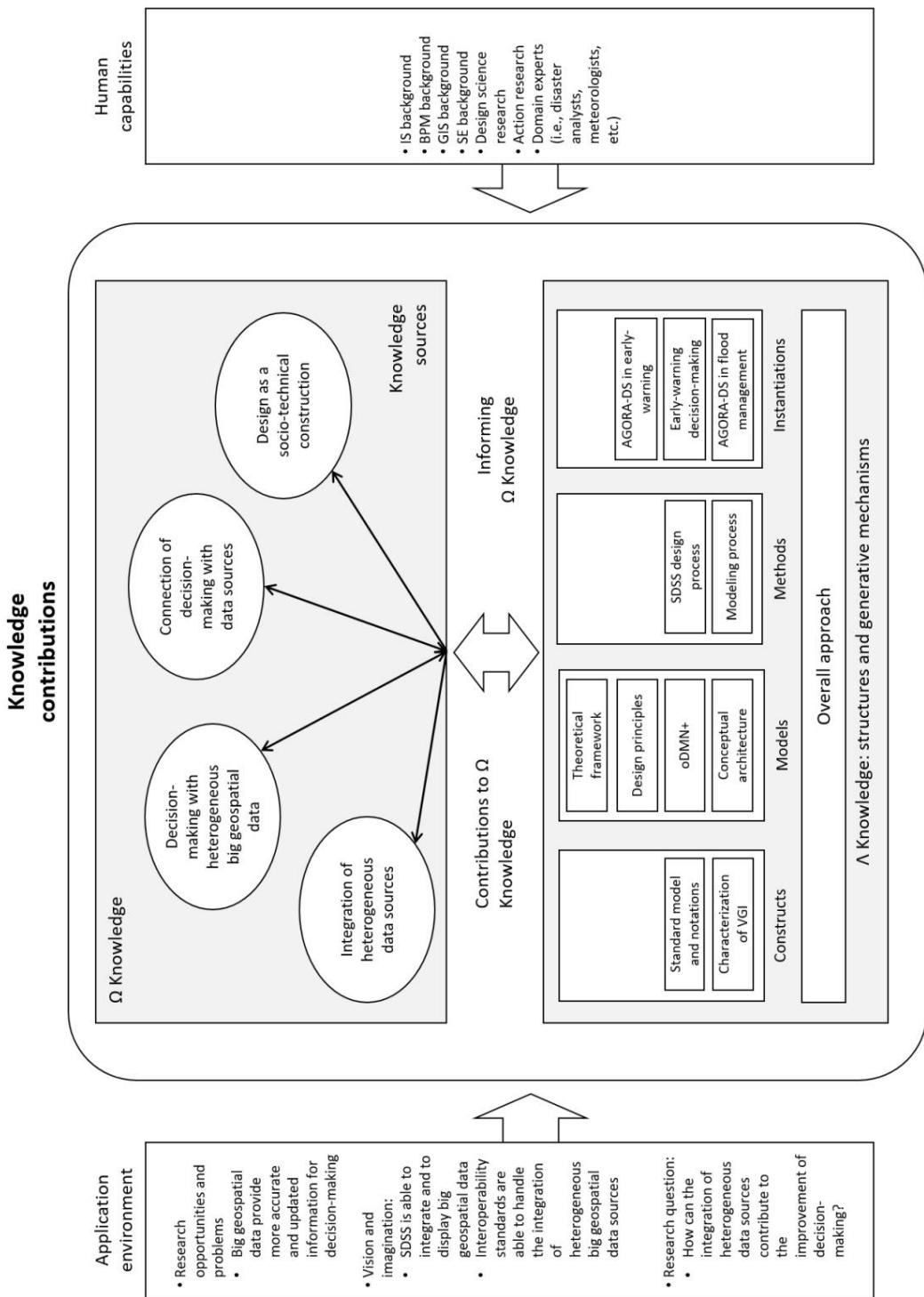
Neste contexto, este projeto pode ser caracterizado como sendo de baixo nível de maturidade da solução (a integração de big data geoespacial heterogêneo e conexão entre a tomada de decisão com as fontes de dados) e um alto nível de maturidade de domínio de aplicação (o uso de big data para apoio à tomada de decisão). A combinação dessas duas características é definida por Gregor & Hevner (2013) como “Melhoria” em seu Knowledge Contribution Framework, ou seja, “o desenvolvimento de novas soluções para problemas de conhecimento”. As contribuições do conhecimento consistem, portanto, no desenvolvimento (ou aprimoramento) de soluções novas (ou existentes) para um problema bem conhecido. Para um melhor meio de reconhecer e descrever essas “contribuições”, contamos com outra distinção feita por Gregor & Hevner (2013) entre descritiva (denotada por \ddot{y}), que representa o conhecimento dos fenômenos naturais e as leis e padrões regulares dos fenômenos (“o quê”) e prescritivo (indicado por \dot{y}), que consiste no conhecimento de artefatos construídos pelo homem (“como”). Um conhecimento \dot{y} pode ser representado pelos seguintes tipos: constructos, modelos, métodos ou instâncias. No geral, este projeto for-

a ambos os tipos de conhecimento (conforme resumido na Figura 54) à medida que avançam o estado da arte atual no que diz respeito ao uso de big data geoespacial heterogêneo para garantir uma tomada de decisão mais eficaz.

Como a gestão de desastres foi selecionada como um cenário representativo para a tomada de decisão baseada em big data geoespacial heterogêneo, estudos anteriores foram importantes porque caracterizam o uso de VGI e SDSS na gestão de desastres e abrem novas linhas de pesquisa na área. Dessa forma, uma arquitetura conceitual que integra fontes de dados heterogêneas foi desenvolvida e avaliada no contexto da gestão de inundações. Essa arquitetura e as lições aprendidas com a avaliação serviram de base para uma melhor compreensão da integração de fontes de dados heterogêneas (no conhecimento \ddot{y}). Além disso, a literatura existente sobre os modelos e notações padrão foi utilizada para estabelecer uma estrutura baseada em modelos que conecta

tomada de decisão com fontes de dados.

Este consiste em dois elementos: um modelo e notação integrados (oDMN+) e um processo de modelagem. O emprego do framework para modelagem da tomada de decisão de alerta precoce de um centro brasileiro de alerta precoce (Cemaden) também levou ao conhecimento \ddot{y} no que diz respeito ao entendimento da tomada de decisão com big data heterogêneo e a conexão da tomada de decisão com fontes de dados. Esse conhecimento foi então empregado para definir os princípios de projeto que devem ser seguidos ao projetar um SDSS para apoiar efetivamente a tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo. Uma avaliação dos usuários finais dentro do Cemaden também proporcionou uma melhor compreensão da tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo, bem como o desenho de um SDSS como uma construção sociotécnica, ou seja, garantindo igual consideração aos fatores técnicos e humanos no processo de projeto. Além disso, envolveu os usuários na determinação da qualidade necessária para melhorias na vida profissional (MUMFORD, 2006). Essas fontes de conhecimento foram complementadas com informações sobre o ambiente de aplicação, o que foi essencial para caracterizar o domínio de pesquisa, identificar os problemas existentes e levantar a questão de pesquisa. Também foi importante para a definição de diretrizes para a avaliação dos conhecimentos adquiridos. Além disso, elementos-chave dependentes das capacidades humanas também foram definidos para o projeto. Essas capacidades foram essenciais para determinar as habilidades de pesquisa necessárias para a realização das atividades, bem como para garantir o sucesso do projeto.



No geral, todo esse conhecimento adquirido provou ser um importante acréscimo à literatura teórica existente no que diz respeito à integração de fontes de dados heterogêneas, à conexão da tomada de decisão com as fontes de dados e ao projeto de um SDSS para auxiliar efetivamente a tomada de decisão, com big data geoespacial heterogêneo (MANSOURIAN et al., 2006; MARKOVIC; STANIMIROVIC; STOIMENOV, 2009; WAN et al., 2014; BARTON; COURT, 2012; HORITA et al., 2013; VIEWEG; CASTILLO; IMRAN, 2014; KLEINDIENST ; PFLEGER; SCHOCH, 2015; WAMBA et al., 2015); por exemplo, introduzindo oODMN+. Isso também tem sérias implicações para a prática; por exemplo, a arquitetura conceitual que suporta a integração de fontes de dados heterogêneas, bem como a inclusão flexível e simples de novas fontes de dados. Além disso, este conhecimento adquirido fornece uma base sólida para a conformidade com os princípios orientadores que foram definidos no Sendai Framework (ONU, 2015). Por exemplo, o ODMN+ introduzido no Capítulo 5 é adequado para fornecer uma melhor compreensão das necessidades dos usuários-alvo, enquanto os princípios de design apresentados no Capítulo 6 são necessários para o design de sistemas de alerta precoce e mecanismos de comunicação de emergência e risco de desastres. Da mesma forma, esses princípios são de grande ajuda para a Estratégia Nacional Brasileira de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais e Cemaden, por exemplo, ao delinear algumas lições importantes que devem ser aprendidas ao integrar os dados heterogêneos fornecidos pelos sistemas de monitoramento disponíveis.

Este capítulo está estruturado da seguinte forma: os objetivos principais desta tese descritos acima são resumido e revisado na Seção 7.1. A Seção 7.2 descreve algumas das limitações deste tese e discute como eles podem ser superados. Além disso, também apresenta algumas linhas de pesquisa futuras que podem ser exploradas com base nos resultados obtidos.

7.1 Revisitando as Contribuições da Tese

Esta seção resume e revisa as contribuições desta tese.

ÿ **Caracterização do uso de VGI na gestão de desastres.** investigamos a literatura existente com o objetivo de preencher algumas das lacunas remanescentes, bem como antecipar futuras linhas de pesquisa (ver Seção 3.1.1). Os resultados obtidos mostraram que as plataformas colaborativas (por exemplo, observações cidadãs) para apoiar a gestão de desastres ainda requerem mais pesquisas. Além disso, eles também fornecem evidências de que mais pesquisas empíricas são necessárias para melhor compreensão de como essas informações voluntárias podem ser usadas pelos usuários finais; por exemplo, realizando um projeto de pesquisa-ação em um serviço de emergência.

ÿ **Caracterização do uso do SDSS para apoio à tomada de decisão na gestão de desastres.** realizamos um estudo de mapeamento sistemático que procurou determinar como o VGI tem sido usado para auxiliar a tomada de decisões na gestão de desastres (ver Seção 3.1.2). Os resultados destacaram as lacunas na pesquisa e na prática, por exemplo, foi demonstrado que o

a informação voluntária vem prestando uma ajuda valiosa em diversas tarefas, como a previsão de eventos e a compreensão da necessidade de consciência situacional; no entanto, ainda são necessárias mais pesquisas na área de sistemas de alerta precoce, bem como no monitoramento de variáveis ambientais.

ÿ **Definição de uma arquitetura conceitual que integre fontes de dados heterogêneas.**

Uma arquitetura conceitual foi definida aqui para integrar fontes de dados heterogêneas (ver Seção 4.2) que foi baseada na arquitetura baseada em camadas projetada por Horita et al. (2013). A novidade da arquitetura era que ela combinava padrões de interoperabilidade e adaptadores de fonte de dados para lidar com a heterogeneidade intrínseca das fontes de dados. Nossa ideia com isso foi fornecer uma base sólida para entender como fontes de dados heterogêneas podem ser integradas.

ÿ **Lições aprendidas sobre a integração de fontes de dados heterogêneas no homem de desastres**

agenciamento. A nova arquitetura conceitual foi implementada e implantada para apoiar a tomada de decisões em um cenário do mundo real para gerenciamento de risco de inundações (consulte a Seção 4.4).

O sistema gerado visava integrar dados fornecidos por uma RSSF (ver Hughes et al. (2011)) e dados voluntários coletados por meio de uma plataforma de observação cidadã (ver Degrossi et al. (2014)). Os resultados obtidos no estudo de caso evidenciaram que a arquitetura conceitual é útil tanto para integrar fontes de dados heterogêneas quanto para compartilhar os dados integrados, bem como visualizá-los dentro de um sistema simples de suporte à decisão baseado na web .

ÿ **Estabelecimento de um modelo integrado e notação que descreva a conexão de tomadas de decisão e**

fontes de dados. Projetamos um modelo e notação integrados, denominado oDMN+, que descreve a) como as tarefas de negócios estão conectadas às decisões, então b) quais informações são exigidas por elas e, finalmente, c) qual fonte de dados poderia ser usada para fornecer essas informações necessárias (consulte Seção 5.3.1). Foi baseado em um modelo padrão e notações (por exemplo, BPMN, DMN e O&M), bem como no modelo estabelecido por Horita et al. (2016). Isso ajudou particularmente na compreensão de como fazer melhor uso das fontes de dados disponíveis que fornecem informações úteis para a tomada de decisões. Também pode ajudar a localizar as atividades onde há falta de informações, bem como encontrar as fontes de dados disponíveis que podem ajudar.

ÿ **Desenvolvimento de um processo de modelagem para modelagem da conexão de tomadas de decisão e**

fontes de dados. Um processo de modelagem foi desenvolvido para apoiar o emprego do oDMN+ na prática (ver Seção 5.3.2). Isso define cinco atividades para derivar sistematicamente elementos conceituais de um aplicativo, por exemplo, processos de negócios juntamente com suas atividades, decisões relacionadas, seus requisitos de informação e as fontes de dados usadas.

Esperava-se que este processo de modelagem auxiliasse no estabelecimento de uma conexão entre a tomada de decisão e as fontes de dados.

ÿ Lições aprendidas com a tomada de decisão planejada em um centro brasileiro de alerta precoce.

Realizamos um estudo de caso em um centro brasileiro de alerta precoce para modelar a tomada de decisão necessária para emitir alertas a comunidades vulneráveis sobre desastres iminentes. O processo de modelagem para empregar oDMN+ (ver Seção 5.4) foi usado para isso. Os resultados deste estudo de caso mostraram que o oDMN+ é capaz de conectar as tarefas e decisões dos tomadores de decisão com as fontes de dados. Além disso, mostraram que o processo de modelagem obtém com sucesso elementos conceituais dos tomadores de decisão no contexto de uma aplicação, além de permitir que o oDMN+ seja empregado na prática.

ÿ Desenvolvimento de princípios de design para SDSS para apoiar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo.

Um conjunto de princípios de projeto foi formulado para auxiliar o projeto de um SDSS que poderia ser aplicado à tomada de decisões com big data geoespacial heterogêneo (como discutido no Capítulo 6). Estes foram derivados de um projeto de pesquisa-ação colaborativa cruzada que foi realizado em colaboração com um centro brasileiro de alerta precoce. O propósito desses princípios era triplo: (a) orientar o desenvolvimento do SDSS, (b) incorporar os requisitos dos tomadores de decisão dentro do sistema, (c) e melhorar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo.

ÿ Avaliação empírica dos princípios de design na gestão de desastres.

No âmbito do projeto ADR, avaliamos os princípios de design com membros da sala de controle de monitoramento de um centro brasileiro de alerta precoce (ver Capítulo 6). Os resultados fornecem evidências sólidas de que os princípios efetivamente atingem seu objetivo, ou seja, melhorar a tomada de decisão com big data geoespacial heterogêneo.

7.2 Limitações e Linhas de Trabalho Futuras

As principais limitações desta tese podem ser resumidas da seguinte forma:

ÿ Limitações nos estudos de mapeamento sistemáticos.

Ambos os SMSs só conseguiram identificar um número bastante pequeno de artigos selecionados (ou seja, 21 e 13 estudos primários). Isso pode ser atribuído ao fato de que i) não incluímos mais sinônimos nas strings de pesquisa usadas, ii) ou incluímos pesquisas manuais em anais de conferências específicas, ou iii) complementamos a pesquisa com outras fontes além dos resultados obtidos nos motores de busca. Além disso, os SMSs devem ser atualizados para identificar novos estudos que possam ser publicados a partir do momento das revisões (ou seja, 2013 e 2014) até 2017. Os resultados identificados podem destacar novas tendências de pesquisa, bem como novas limitações e desafios.

ÿ Estudos de caso. O oDMN+ pode ser considerado como uma extensão de trabalhos anteriores,

que também visavam aumentar a generalização do modelo e notação. O escopo da avaliação foi limitado e ainda há espaço para mais estudos de caso, especialmente em outras áreas de pesquisa, por exemplo, gestão de negócios e análise de marketing.

ÿ **Avaliação dos princípios de design em um ambiente organizacional mais amplo.** os princípios de design gerados após o Ciclo 2 do projeto de pesquisa-ação já foram refinados, pois foram baseados em uma avaliação realizada em um ambiente organizacional limitado. A próxima etapa do projeto seria implementar os princípios de design revisados e refinados no protótipo do SDSS e realizar uma avaliação adicional em um ambiente organizacional mais amplo, por exemplo, uma avaliação dos usuários no trabalho diário por um período de 10 semanas. Isso pode fornecer mais insights sobre a utilidade dos princípios, bem como a maneira como eles podem ser mais refinado.

ÿ **O pré-processamento e processamento de dados** enquanto desenvolvimento da arquitectura conceptual e princípios de design, o pré-processamento e processamento de dados devem ser entendidos como estando fora do âmbito deste projecto de investigação. Portanto, assumiu-se que todos os dados compartilhados pelas fontes heterogêneas de big data já foram filtrados e pré-processados. Este trabalho de pesquisa também não se concentrou na falta de dados ou indisponibilidade de dados.

Além disso, várias questões que foram levantadas durante a realização deste projeto de pesquisa foram não totalmente explorado devido a restrições de tempo, questões organizacionais ou porque estavam além de seu escopo. Estes estão particularmente relacionados à questão de fazer melhorias (por exemplo, generalizar os resultados mais amplamente) ou atuar como um meio de abordar as limitações descritas acima. Dessa forma, essas questões podem orientar o curso de trabalhos futuros na área.

ÿ O emprego da arquitetura conceitual para auxiliar a tomada de decisão em outros domínios; por exemplo, negócios, marketing e transporte. Além disso, “adaptadores” adicionais (ver Capítulo 4) podem ser incluídos para permitir a integração de outras fontes de informação, por exemplo, plataformas de mapeamento colaborativo.

ÿ Como o uso de um modelo e notação requer uma compreensão do metamodelo, o uso de uma ferramenta de suporte facilitaria as tarefas de modelagem na prática, como uma ferramenta autônoma ou um plug-in para ferramentas existentes (por exemplo, Signavio ou Bonita). Isso também poderia ser valor em estudos futuros.

ÿ oDMN+ deve ser empregado em outros estudos de caso. Da mesma forma, a modelagem processo deve ser empregado para modelar a tomada de decisão em outros contextos de aplicação. Esses estudos de caso adicionais poderiam não apenas buscar melhorar a generalização dos resultados alcançados, mas também determinar se há elementos conceituais ausentes.

ÿ Na área de gestão de desastres, o oDMN+ também deve ser empregado para modelar a tomada de decisão dos diferentes níveis da cadeia de comando; por exemplo, atividades de equipes de socorro no terreno. Tendo modelado as atividades das cadeias existentes, seria possível analisar o impacto de uma decisão errada sobre as atividades relacionadas nas cadeias de comando.

- ÿ Outra linha futura de investigação poderia se concentrar no uso do oDMN+ para explicar a relação entre as pessoas, suas tarefas e informações disponíveis. Este é um meio potencial de aprimorar a web social ou web semântica, melhorando a análise de mídia social ou criando ontologias relacionadas a tarefas.
- ÿ Estudos futuros também devem se concentrar em empregar os princípios de design no design do SDSS para outros ambientes dinâmicos com fontes de dados heterogêneas além do gerenciamento de desastres; por exemplo, o fluxo de tráfego ou o sistema de transporte em uma cidade inteligente. Isso também abre oportunidades interessantes para ajudar a projetar “sistemas-de-sistemas”, que também podem ser aprimorados usando a arquitetura conceitual.

REFERÊNCIAS

AA, H. van der et ai. Processo integrado e modelagem de decisão para processos orientados a dados. In: Anais do 3º Workshop Internacional de Mineração de Decisão e Modelagem de Processos de Negócios (DeMiMoP). Innsbruck, Áustria: [sn], 2015. p. 1-12. Citado na página 69.

A MÍNIMA.; SHAFIQ, B.; STAFFIN, R. Computação Espacial e Mídias Sociais no Contexto da Gestão de Desastres. **Sistemas Inteligentes, IEEE**, v. 27, n. 6, pág. 90–96, 2012. Citações nas páginas 77 e 78.

AHMAD, S.; SIMONOVIC, SP Um Sistema Inteligente de Apoio à Decisão para Gestão de Cheias. **Gestão de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, pág. 391–410, 2006. Citado na página 57.

AHMED, A. Uso de Mídias Sociais na Gestão de Desastres. In: **Anais da 33ª Conferência Internacional de Sistemas de Informação (ICIS)**. Xangai, China: [sn], 2011. p. 1-11. Citações nas páginas 65, 75, 77, 78 e 86.

AITSI-SELMI, A.; EGAWA, S.; SASAKI, H.; WANNOUS, C.; MURRAY, V. A estrutura de sendai para redução de risco de desastres: Renovando o compromisso global com a resiliência, saúde e bem-estar das pessoas. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 6, n. 2, pág. 164–176, 2015. Citado na página 42.

ALBUQUERQUE, J.; HERFORT, B.; ECKLE, M. As tarefas da multidão: Uma tipologia de tarefas em crowdsourcing de informação geográfica e um estudo de caso em mapeamento humanitário. **Sensoriamento Remoto**, v. 8, n. 10, pág. 1–22, 2016. Citado na página 40.

ALBUQUERQUE, JP; ECKLE, M.; HERFORT, B.; ZIPF, A. Manual Europeu de informações geográficas de origem coletiva. Dentro: . [SI]: Ubiquity Press, 2016. **gestão de desastres e mapeamento de riscos geográficos para uma visão geral de desenvolvimentos recentes e lições aprendidas**, p. 309-321. Citado na página 88.

ALBUQUERQUE, JP; HERFORT, B.; BRENNING, A.; ZIPF, A. Uma abordagem geográfica para combinar mídias sociais e dados oficiais para identificar informações úteis para gerenciamento de desastres. **Revista Internacional de Ciência da Informação Geográfica**, v. 29, n. 4, pág. 1–23, 2015. Citações nas páginas 40, 65, 130 e 133.

ALBUQUERQUE, JP; HORITA, FEA; DEGROSSI, LC; ROCHA, RS; ANDRADE, SC; RESTREPO-ESTRADA, C. Informação geográfica voluntária e o futuro dos dados geoespaciais. Dentro: . [SI]: Idea Group Inc, 2017. cap. Aproveitando Informações Geográficas Voluntárias para melhorar a resiliência a desastres: Lições aprendidas com a AGORA e direções de pesquisas futuras. Citações nas páginas 20, 27 e 51.

ALBUQUERQUE, JP; UEYAMA, J.; MENDIONDO, E.; CARAMORI, V. Uso de Redes de Sensores Sem Fio para Adaptação ao Risco de Inundação Urbana no Brasil. In: **Anais da GeoInformatik**. Heidelberg, Alemanha: [sn], 2013. p. 1–3. Citado na página 91.

ALBUQUERQUE, JP; ZIPF, A. Sistemas de informação colaborativa para gestão de desastres: Construindo resiliência contra desastres combinando monitoramento ambiental participativo

e comunicação de vulnerabilidade. In: **Seminário Alumi perigos naturais - pesquisa sobre desastres naturais, defesa civil, prevenção de desastres e ajuda.** Teresópolis, Rio de Janeiro, Brasil: [sn], 2012. p. 71-74. Citado na página 50.

ANTUNES, P.; SIMÕES, D.; CARRICO, L.; PINO, JA Uma abordagem de usuário final para modelagem de processos de negócios. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 36, n. 6, pág. 1466–1479, 2013. Citado na página 129.

ARNOTT, D.; PERVAN, G. Oito questões-chave para a disciplina de sistemas de apoio à decisão. **Sistemas de Apoio à Decisão**, v. 44, p. 657–672, 2008. Citado na página 59.

ASSIS, LFF; HERFORT, B.; STEIGER, E.; HORITA, FE; ALBUQUERQUE, JP de. Uma abordagem geográfica para priorização imediata de mensagens de mídia social para melhorar o gerenciamento de risco de inundação. In: **Anais do 4º Workshop Brasileiro de Análise e Mineração de Redes Sociais (BraSNAM)**. Recife, Brasil: [sn], 2015. p. 1-12. Citado na página 21.

ASSIS, LFFG; BEHNCK, LP; DOERING, D.; FREITAS, EP; PEREIRA, CE; HORITA, FEA; UNEYAMA, J.; ALBUQUERQUE, JP Gerenciamento dinâmico de sensores: Estendendo a rede de sensores para integração de sensores móveis quase em tempo real em cenários dinâmicos. In: **Proceedings of the 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)**. [SI: sn], 2016. p. 303-310. Citações nas páginas 20 e 40.

ASSIS, LFG; HERFORT, B.; STEIGER, E.; HORITA, FEA; ALBUQUERQUE, JP de. Priorização geográfica de mensagens de redes sociais em tempo quase real usando fluxos de dados de sensores: uma aplicação para inundações. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geoinformática (GeoInfo)**. Campos do Jordão, Brasil: [sn], 2015. p. 26-37. Citado na página 20.

ATKINSON, SF; CANTER, LW Avaliação dos efeitos cumulativos de projetos utilizando sistemas de informação geográfica. **Revisão da Avaliação de Impacto Ambiental**, v. 31, n. 5, pág. 457-464, 2011. Citado na página 60.

BAHARIN, S.; SHIBHATULLAH, A.; OTHMAN, Z. Gerenciamento de desastres na Malásia: Uma estrutura de aplicação de aplicativo de roteamento integrado para sistema de gerenciamento de resposta a emergências . In: **Anais da Conferência Internacional de Computação Suave e Reconhecimento de Padrões (SOCPAR) 2009**. Washington, EUA: [sn], 2009. p. 716-719. Citado na página 56.

BARROS, R. M.; MENDIONDO, E. M.; WENDLAND, E. Cálculo de áreas inundáveis devido a enchentes para o plano diretor de drenagem urbana de São Carlos (PDDUSC) na bacia escola do córrego do Gregório. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 5–17, 2007. Citado na página 96.

BARTON, D.; COURT, D. Fazendo a análise avançada trabalhar para você. **Harvard Business Review**, v. 90, n. 10, pág. 1–7, 2012. Citações nas páginas 41 e 168.

BASKERVILLE, RL Investigando sistemas de informação com pesquisa-ação. **Comunicações da Association for Information Systems (AIS)**, v. 2, n. 3, pág. 1–33, 1999. Citado na página 134.

BASKERVILLE, RL; WOOD-HARPER, AT Uma perspectiva crítica sobre a pesquisa-ação como método de pesquisa em sistemas de informação. **Journal of Information Technology**, v. 11, p. 235–246, 1996. Citado na página 134.

BATOULIS, K.; MEYER, A.; BAZHENOVA, E.; DECKER, G.; WESKE, M. Extraindo lógica de decisão de modelos de processos. In: **Proceedings of the 27th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE)**. Estocolmo, Suécia: [sn], 2015. p. 349-366. Citado na página 69.

BAZHENOVA, E.; WESKE, M. Derivando modelos de decisão de modelos de processo por mineração de decisão aprimorada. In: **Anais do 3º Workshop Internacional de Mineração de Decisão e Modelagem de Processos de Negócios (DeMiMoP)**. Innsbruck, Áustria: [sn], 2015. p. 1-12. Citações nas páginas 69 e 129.

BECKER, J.; ROSEMANN, M.; UTHMANN, C. Diretrizes de modelagem de processos de negócios. In: AALST, WV; DESEL, J.; OBERWEIS, A. (Ed.). **Business Process Management: Modelos, Técnicas e Estudos Empíricos**. Alemanha: Springer Berlin Heidelberg, 2000. p. 30-49. Citado na página 129.

BHAROSA, N.; MEIJER, S.; JANSEN, M.; BRAVE, F. Estamos preparados? experiências de desenvolvimento de painéis para preparação de desastres. In: **Anais da 7ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Seattle, EUA: [sn], 2010. p. 1-6. Citado na página 61.

BIARD, T.; MAUFF, AL; BIGAND, M.; BOUREY, J.-P. Separação da modelagem de decisão da modelagem de processos de negócios usando o novo “modelo e notação de decisão” (dmn) para automatizar a tomada de decisões operacionais. In: **Anais da 16ª Conferência de Trabalho do GT 5.5 do IFIP sobre Riscos de Empresas Virtuais e Resiliência de Redes Colaborativas (PRO-VE)**. Albi, França: [sn], 2015. p. 489-496. Citações nas páginas 27 e 69.

BILLA, L.; SHATTRI, M.; MAHMUD, AR; GHAZALI, AH Planejamento abrangente e o papel do SDSS na gestão de desastres de enchentes na Malásia. **Prevenção e Gestão de Desastres: Um Jornal Internacional**, v. 15, n. 2, pág. 233–240, 2006. Citações nas páginas 37, 59 e 60.

BIOLCHINI, J.; MIAN, PG; NATALI, ACC; TRAVASSOS, GH **Revisão Sistemática em Engenharia de Software**. Rio de Janeiro, Brasil, 2005. RT-ES 679/05, Departamento de Engenharia Sistemas e Ciência da Computação/UFRJ. Citado na página 71.

BISHR, M.; JANOWICZ, K. Podemos confiar nas informações? – O Caso da Informação Geográfica Voluntária. In: **Anais do Workshop Towards Digital Earth: Search, Discover and Share Geospatial Data**. Berlim, Alemanha: [sn], 2010. p. 1–6. Citações nas páginas 66 e 133.

BRETON, P.; KITCHENHAM, BA; BUDGEN, D.; TURNER, M.; KHALIL, M. Lições da aplicação do processo de revisão sistemática da literatura no domínio da engenharia de software.

Revista de Sistemas e Software, v. 80, n. 4, pág. 571–583, 2007. Citado na página 48.

BROERING, A.; FOERSTER, T.; JIRKA, S.; PRIESS, C. Barramento de sensores: Uma camada intermediária para interligar os geossensores e a rede de sensores. In: **Anais da 1ª Conferência e Exposição Internacional de Computação para Aplicação à Pesquisa Geoespacial**. Washington, EUA: [sn], 2010. p. 1–8. Citado na página 103.

BROERING, A.; JIRKA, S.; FOERSTER, T. O barramento de sensores - integrando geossensores e a rede de sensores. In: **Proceedings of the 2nd Open Source GIS UK Conference (OSGIS)**. Nottingham, Reino Unido: [sn], 2010. p. 1–4. Citado na página 103.

BROOKS, L.; ALAM, MS Projetando um sistema de informação para atualização de registros de terras em bangladesh: Action design ethnographic research (ADER). **Fronteiras dos Sistemas de Informação**, v. 17, n. 1, pág. 79–93, 2015. Citado na página 134.

BUDGEN, D.; TURNER, M.; BRETON, P.; KITCHENHAM, B. Utilizando estudos de mapeamento em engenharia de software. In: **Anais da 20ª Reunião Anual do Grupo de Interesse em Psicologia da Programação (PPIG)**. Lancaster, Reino Unido: [sn], 2008. p. 195-204. Citado na página 71.

BUGS, G.; GRANELL, C.; FONTES, O.; HUERTA, J.; PAINHO, M. Uma avaliação da participação pública GIS e tecnologias web 2.0 na prática do planejamento urbano em canela, brasil. **Cidades**, v. 27, n. 3, pág. 172–181, 2010. Citado na página 65.

CARROLL, LN; AU, AP; DETWILER, LT; FU, T. chieh; PINTOR, É; ABERNETHY, NF Ferramentas de visualização e análise para epidemiologia de doenças infecciosas: uma revisão sistemática. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 51, p. 287–298, 2014. Citado na página 133.

CHANG, K.; WAN, S.; LEI, T. Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial para monitoramento de deslizamentos de terra induzidos por terremotos com base em fotografias aéreas e o método dos elementos finitos. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 12, n. 6, pág. 448–456, 2010. Citado na página 60.

CHEN, AY; MORA, F. Pena; OUYANG, Y. Uma estrutura colaborativa de GIS para apoiar a distribuição de equipamentos para operações de resposta a desastres de engenharia civil. **Automação na Construção**, v. 20, n. 5, pág. 637–648, 2011. Citado na página 60.

CHEN, H.; CHIANG, RHL; STOREY, VC Business intelligence e analytics: Do big data ao grande impacto. **MIS Trimestral**, v. 36, n. 4, pág. 1165–1188, 2012. Citações nas páginas 42 e 140.

CHEN, L.; LIU, Y.; CHAN, K. Programa integrado de gestão de desastres baseado na comunidade em taiwan: um estudo de caso da aldeia de shang-an. **Riscos Naturais**, v. 37, n. 1-2, pág. 209-223, 2006. Citações nas páginas 77 e 78.

CHEN, M.; MAO, S.; LIU, Y. Big data: Uma pesquisa. **Mobile Networks and Applications**, Secaucus , NJ, USA, v. 19, n. 2, pág. 171–209, 2014. Citações nas páginas 65 e 165.

CHEN, X.; KWAN, M.-P.; LI, Q.; CHEN, J. Um modelo para avaliação de risco de evacuação com consideração de fatores pré e pós-desastre. **Computadores, Meio Ambiente e Sistemas Urbanos**, v. 36, n. 3, pág. 207–217, 2012. Citado na página 128.

COLEMAN, DJ; GEORGIAOU, Y.; LABONTE, J.; OBSERVAÇÃO, E.; CANADÁ, NÃO Informação Geográfica Voluntária: a natureza e motivação dos produtores. **International Journal of Spatial Data Infrastructures**, v. 4, p. 332–358, 2009. Citado na página 65.

CRONHOLM, S.; GOLDKUHL, G. Estratégias para avaliação de sistemas de informação – seis tipos genéricos. **Revista Eletrônica de Avaliação de Sistemas de Informação**, v. 6, n. 2, pág. 65-74, 2003. Citado na página 152.

CROSSLAND, M.; WYNNE, B.; PERKINS, W. Sistemas espaciais de apoio à decisão: uma visão geral da tecnologia e um teste de eficácia. **Sistemas de Apoio à Decisão**, v. 14, n. 3, pág. 219-235, 1995. Citado na página 59.

- DAVISON, RM; MARTINS, MG; OU, CXJ Os papéis da teoria na pesquisa-ação canônica. **MIS Trimestral**, v. 36, n. 3, pág. 763–786, 2012. Citado na página 134.
- DEGROSSI, LC; ALBUQUERQUE, JP; FAVA, MC; MENDIONDO, EM Observatório Cidadão de Inundação: uma abordagem baseada em crowdsourcing para gestão de risco de inundação no Brasil. In: **Anais da 26ª Conferência Internacional de Engenharia de Software e Engenharia do Conhecimento (SEKE)**. Vancouver, Canadá: [sn], 2014. p. 1–6. Citações nas páginas 27, 40, 57, 66, 93, 96, 97, 104 e 169.
- DEGROSSI, LC; AMARAL, GG; VASCONCELOS, ESM; ALBUQUERQUE, JP; UNEYAMA, J. Utilização de redes de sensores sem fio na rede de sensores para monitoramento de enchentes no Brasil. In: **Anais da 10ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Baden Baden, Alemanha: [sn], 2013. p. 458-462. Citado na página 96.
- DEMIRKAN, H.; DELEN, D. Aproveitando os recursos dos sistemas de suporte à decisão orientados a serviços : colocando análises e big data na nuvem. **Sistemas de Apoio à Decisão**, v. 55, n. 1, pág. 412–421, 2013. Citado na página 131.
- DENSHAM, PJ Sistemas de informação geográfica: princípios e aplicações. In: **Sistemas de informação geográfica: princípios e aplicações**. [SI]: Longman Scientific & Technical, 1991. cap. Sistema de Apoio à Decisão Espacial, p. 403-412. Citações nas páginas 59, 60 e 151.
- DOAN, A.; RAMAKRISHNAN, R.; HALEVY, AY Sistemas de crowdsourcing na World Wide Web. **Comunicações da Association for Computing Machinery (ACM)**, Nova York, NY, EUA, v. 54, n. 4, pág. 86–96, 2011. Citado na página 66.
- DOLIF, G.; ENGELBRECHT, A.; JATOBÁ, A.; SILVA, AJD da; GOMES, JO; BORGES, SR; NOBRE, CA; CARVALHO, PVR de. Resiliência e fragilidade no sistema ALERTA RIO : um estudo de campo sobre a tomada de decisão de previsores. **Riscos Naturais**, v. 65, n. 3, pág. 1831–1847, 2013. Citações nas páginas 41, 64, 128, 133, 140, 163 e 165.
- DOMINKOVICS, P.; GRANELL, C.; PÉREZ-NAVARRO, A.; CASALS, M.; ORCAU, À.; CAYLÀ, JA Desenvolvimento de mapas de densidade espacial baseados em serviços web de geoprocessamento: aplicação à incidência de tuberculose em barcelona, espanha. **International Journal of Health Geographics**, v. 10, n. 1, 2011. Citações nas páginas 133 e 140.
- DORN, H.; VETER, M.; HÖFLE, B. Derivação de rugosidade baseada em Gis para simulações de inundação: Uma comparação de ortofotos, lidar e geodados de crowdsourcing. **Sensoriamento Remoto**, v. 6, n. 2, pág. 1739–1759, 2014. Citado na página 66.
- DUGGAN, J. O caso da tomada de decisão baseada em dados pessoais. **Atos do Fundo VLDB**, v. 7, n. 11, pág. 943–946, 2014. Citações nas páginas 38, 42, 63, 133 e 134.
- DUMAS, M.; ROSA, ML; MENDLING, J.; REIJERS, HA Introdução ao gerenciamento de processos de negócios. Dentro: . **Fundamentos da Gestão de Processos de Negócios**. 2016. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,
- DUMBILL, E. Entendendo o big data. **Big Data**, 2013. Citado na página 63.

DYBA, T.; DINGSOYR, T.; HANSEN, GK Aplicando revisões sistemáticas a diversos tipos de estudos: um relato de experiência. In: **Anais do 1º Simpósio Internacional de Engenharia e Medição Empírica de Software (ESEM)**. Madri, Espanha: [sn], 2007. p. 225-234. Citações nas páginas 71 e 81.

ELVESÆTER, B.; PANFILENKO, D.; JACOBI, S.; HAHN, C. Alinhando modelos de negócios e TI em arquiteturas orientadas a serviços usando bpmn e soaml. In: **Anais do 1º Workshop Internacional de Interoperabilidade Orientada por Modelo (MDI)**. Oslo, Noruega: [sn], 2010. p. 61-68. Citado na página 68.

ELWOOD, S. Informações geográficas voluntárias: direções de pesquisa futuras motivadas por um SIG crítico, participativo e feminista. **GeoJournal**, v. 72, n. 3-4, pág. 173–183, 2008. Citações nas páginas 65, 66 e 67.

ER, MC Sistemas de apoio à decisão: um resumo, problemas e tendências futuras. **Sistemas de Apoio à Decisão**, v. 4, n. 3, pág. 355–363, 1988. Citado na página 58.

ERSKINE, M.; GREGG, D. Utilizando Informações Geográficas Voluntárias para Desenvolver uma Ferramenta de Mapeamento de Desastres em Tempo Real: Um Protótipo e Estrutura de Pesquisa. In: **Anais da Conferência Internacional de Gestão de Recursos de Informação 2012 (Conf-IRM)**. Viena , Áustria: [sn], 2012. p. 1-14. Citações nas páginas 40, 65 e 86.

FAVA, MC; SANTANA, GMD; BRESSIANI, DA; ROSA, A.; HORITA, FEA; SOUZA, VCB; MENDIONDO, EM Integração de sistemas de tecnologia da informação para previsão de cheias com fontes de dados híbridas. In: **Proceedings of the 6th International Conference on Flood Management**. São Paulo, Brasil: [sn], 2014. p. 1-11. Citado na página 21.

FEW, S. **Information Dashboard Design: a comunicação visual eficaz de dados**. [SI]: O'Reilly Media, 2006. Citações nas páginas 60, 95 e 148.

FLANAGINA, AJ; METZGER, MJ A credibilidade da informação geográfica voluntária. **GeoJournal**, v. 72, n. 3-4, pág. 137–148, 2008. Citações nas páginas 65 e 66.

FUCHS, G.; ANDRIENKO, N.; ANDRIENKO, G.; BOTHE, S.; STANGE, H. Traçando a inundação do centenário alemão no fluxo de tweets: primeiras lições aprendidas. In: **Anais do 2º ACM SIGSPATIAL International Workshop on Crowdsourced and Volunteered Geographical Information**. Orlando, EUA: [sn], 2013. p. 31-38. Citado na página 65.

GANTZ, J.; REINSEL, D. **O Universo Digital em 2020: Big Data, Maiores Sombras Digitais e Maior Crescimento no Extremo Oriente - Estados Unidos**. [SI], 2012. Citado na página 64.

GENOVESE, E.; ROCHE, S. Potencial do VGI como recurso para SDIS no contexto norte/sul. **Geomatica**, v. 64, n. 4, pág. 2010, 2010. Citado na página 66.

GILL, B.; BORDEN, BC; HALLGREN, K. **Uma Estrutura Conceitual para Tomada de Decisão Orientada por Dados**. [SI], 2014. 4993/20634 (15). Citado na página 38.

GOLDKUHL, G.; LAGSTEN, J. Diferentes papéis da avaliação na pesquisa de sistemas de informação. In: **Workshop sobre Design de Artefatos de TI e Intervenção na Prática de Trabalho**. Barcelona, Espanha: [sn], 2012. p. 1-13. Citado na página 150.

GONGQUAN, L.; KEYAN, X. Pesquisa sobre sistema de apoio à decisão de recursos hídricos integrado às instalações. In: **Anais da Conferência Internacional de Ciência Mecatrônica, Engenharia Elétrica e Computação (MEC) 2011**. Jilin, China: [sn], 2011. p. 2507-2510.

Citado na página 59.

GOODCHILD, MF Cidadãos como sensores: o mundo da geografia voluntária. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, pág. 211–221, 2007. Citações nas páginas 40, 57, 65, 91 e 133.

GOODCHILD, MF; GLENNON, JA Crowdsourcing de informações geográficas para resposta a desastres: uma fronteira de pesquisa. **International Journal of Digital Earth**, v. 3, n. 3, pág. 231–241, 2010. Citações nas páginas 66, 67 e 77.

GOPALKRISHNAN, V.; STEIER, D.; LEWIS, H.; GUSZCZA, J. Big data, big business: colmatando a lacuna. In: **Anais do 1º Workshop Internacional sobre Big Data, Streams e Mineração de Fontes Heterogêneas: Algoritmos, Sistemas, Modelos de Programação e Aplicações (BigMine)**. Pequim, China: [sn], 2012. p. 7-11. Citações nas páginas 38, 42, 63, 105, 133, 134, 140, 151 e 163.

GOTTUMUKKALA, R.; ZACHARY, J.; KEARFOTT, B.; KOLLURU, R. Sistema de apoio à decisão baseado em informações em tempo real para planejamento de evacuação. In: **Proceedings of the 2012 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support**. [SI: sn], 2012. p. 206-209. Citações nas páginas 86 e 87.

GRANELL, C.; OSTERMANN, FO Além da coleta de dados: Objetivos e métodos de pesquisa usando {VGI} e mídias geo-sociais para gerenciamento de desastres. **Computadores, Meio Ambiente e Sistemas Urbanos**, v. 59, p. 231–243, 2016. Citado na página 65.

GREGOR, S. A natureza da teoria em sistemas de informação. **MIS Trimestral**, v. 30, n. 3, pág. 611–642, 2006. Citado na página 46.

GREGOR, S.; HEVNER, AR Posicionamento e apresentação de pesquisas científicas de design para o máximo impacto. **MIS Quarterly**, Minneapolis, MN, EUA, v. 37, n. 2, pág. 337–356, 2013. Citações nas páginas 48, 165 e 167.

GRUPO, G. **Big Data**. 2011. <<http://www.gartner.com/it-glossary/big-data/>>. Citado na página 63.

GU, J.; TANG, X. Projetando um Sistema de Apoio à Decisão de Gestão de Recursos Hídricos: Uma Aplicação da Abordagem WSR. **Prática Sistêmica e Pesquisa-Ação**, v. 13, n. 1, pág. 59–70, 2000. Citado na página 59.

GUAN, X.; CHEN, C. Usando dados de mídia social para entender e avaliar desastres. **Riscos Naturais**, v. 74, n. 2, pág. 837–850, 2014. Citado na página 65.

GUOXIANG, L.; MAOFENG, L. SARGIS: Um Sistema de Apoio à Decisão Baseado em SIG para Busca e Salvamento Marítimo. In: **Proceedings of the International Conference on E-Business and E-Government (ICEE) 2010**. Guangzhou, China: [sn], 2010. p. 1571-1574. Citado na página 60.

HASHEM, IAT; YAQOOB, I.; ANUAR, NB; MOKHTAR, S.; GANI, A.; KHAN, SU A ascensão do “big data” na computação em nuvem: revisão e questões de pesquisa aberta. **Sistemas de Informação**, v. 47, p. 98–115, 2015. Citações nas páginas 38, 63, 64 e 165.

HASHIMOTO, T.; KUBOYAMA, T.; CHAKRABORTY, B.; SHIROTA, Y. Descobrindo a Transição de Tópicos sobre o Grande Terremoto do Leste do Japão em Mídias Sociais Dinâmicas. In: **Proceedings of the 2012 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)**. Seattle, Washington, EUA: [sn], 2012. p. 259-264. Citações nas páginas 86 e 87.

HASHIMOTO, T.; KUBOYAMA, T.; SHIROTA, Y. Estrutura de análise de rumores em mídias sociais. In: **Anais do TENCON**. Bali, Indonésia: [sn], 2011. p. 133-137. Citado na página 86.

HAWORTH, B.; BRUCE, E. Uma revisão de informações geográficas voluntárias para gerenciamento de desastres. **Bússola Geográfica**, v. 9, n. 5, pág. 237–250, 2015. Citações nas páginas 65 e 66.

HEIPKE, C. Crowdsourcing de dados geoespaciais. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 65, n. 6, pág. 550–557, 2010. Citado na página 65.

HEVNER, AR; MARÇO, ST; PARK, J.; RAM, S. Design science na pesquisa de sistemas de informação. **MIS Trimestral**, v. 28, n. 1, pág. 75–105, 2004. Citações nas páginas 106, 108 e 135.

HORITA, FE; ALBUQUERQUE, JP; MARCHEZINI, V.; MENDIONDO, EM Fazendo a ponte entre a tomada de decisão e as fontes emergentes de big data: uma aplicação de uma estrutura baseada em modelo para gerenciamento de desastres no brasil. **Sistemas de Apoio à Decisão**, v. 97, p. 12-22, 2017. Citações nas páginas 17, 49 e 106.

HORITA, FE; ASSIS, L.; CASTANHARI, RE; ISOTANI, S.; CRUZ, WM; ALBU QUERQUE, JP de. Uma arquitetura colaborativa social baseada em gamificação para aumentar a resiliência contra desastres naturais. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)**. Londrina, Brasil: [sn], 2014. p. 399-410. Citado na página 18.

HORITA, FEA; ALBUQUERQUE, JP Uma Abordagem de Apoio à Tomada de Decisão na Gestão de Desastres com Base em Informação Geográfica Voluntária (VGI) e Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão (SDSS). In: **Anais da 10ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Baden-Baden, Alemanha: [sn], 2013. p. 301-306. Citado na página 19.

_____. Fornecendo suporte à decisão em tempo real na gestão de inundações usando informações voluntárias. In: **Proceedings of the 1st Escola Latino Americana de Engenharia de Software (ELA-ES)**. Rio de Janeiro, Brasil: [sn], 2013. p. 1–1. Citado na página 19.

HORITA, FEA; ALBUQUERQUE, JP; DEGROSSI, LC; MENDIONDO, EM; UNEYAMA, J. 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. **Computadores e Geociências**, v. 80, p. 84–94, 2015. Citações nas páginas 17, 48, 66, 92 e 147.

HORITA, FEA; ALBUQUERQUE, JP; MARCHEZINI, V.; MENDIONDO, EM Uma análise qualitativa do processo de alerta precoce na gestão de desastres. In: **Anais da 13ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Rio de Janeiro, Brasil: [sn], 2016. p. 1-10. Citações nas páginas 18, 109, 114 e 118.

HORITA, FEA; BRAGA, DS; MONTEIRO, CDD O uso da interação multimodal para apoiar a produção de informação baseada na localização. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 7, pág. 3496–3502, 2016. Citado na página 17.

- HORITA, FEA; DEGROSSI, LC; ASSIS, LFG; ZIPF, A.; ALBUQUERQUE, JP O uso de informação geográfica voluntária (VGI) e crowdsourcing na gestão de desastres: uma revisão sistemática da literatura. In: **Anais da 19ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS)**. [SI: sn], 2013. p. 1-10. Citações nas páginas 19, 40, 48, 65, 88, 92, 168 e 169.
- HORITA, FEA; FAVA, MC; MENDIONDO, EM; ROTAVA, J.; SOUZA, VC; UEYAMA, J.; ALBUQUERQUE, JP AGORA-GeoDash: Um painel de geossensor para monitoramento de risco de inundaçāo em tempo real. In: **Anais da 11ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. University Park, EUA: [sn], 2014. p. 304-313. Citações nas páginas 18, 42, 60, 61, 62, 63, 66, 95, 96, 133, 134, 140, 147 e 148.
- HORITA, FEA; FAVA, MC; SOUZA, VC; UEYAMA, J.; ALBUQUERQUE, JP; MENDIONDO, EM Ferramenta baseada na Web para fornecer informações úteis em tempo real para a tomada de decisões na gestão de cheias. In: **Proceedings of the Climate Change Adaptation Conference (Adaptation Futures)**. Fortaleza, Brasil: [sn], 2014. p. 1–1. Citado na página 19.
- HORITA, FEA; LINK, D.; ALBUQUERQUE, JP; HELLINGRATH, B. odmn: Um modelo integrado para conectar as necessidades de tomada de decisão às fontes de dados emergentes na gestão de desastres. In: **Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)**. Kauai, Havaí, EUA: [sn], 2016. p. 2882-2891. Citações nas páginas 18, 109, 140 e 169.
- HOSACK, B.; HALL, D.; PARAÍSO, D.; COURTNEY, J. Um olhar para o futuro: a pesquisa de sistemas de apoio à decisão está viva e bem. **Revista da Associação de Sistemas de Informação**, v. 13, n. 5, pág. 316–340, 2012. Citações nas páginas 58 e 60.
- HR-WALLINGFORD. **Resultados de P&D: Riscos de Inundação para as Pessoas: Registro do Projeto da Fase 2**. [SI], 2006. Relatório Técnico, FD2321/PR. Citado na página 98.
- HUANG, C.; CHAN, E.; HYDER, A. Web 2.0 e redes sociais na internet: uma nova ferramenta para gestão de desastres? - lições de Taiwan. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 10, n. 1, pág. 1–5, 2010. Citado na página 77.
- HUGHES, D.; UEYAMA, J.; MENDIONDO, E.; MATTHYS, N.; HORRA, W.; MICHELS, S.; HUYGENS, C.; JOOSEN, W.; MAN, K.; GUAN, S. Uma plataforma de middleware para suporte ao monitoramento de rios usando redes de sensores sem fio. **Revista da Sociedade Brasileira de Computação**, v. 17, n. 2, pág. 85–102, 2011. Citações nas páginas 40, 91, 96 e 169.
- HURWITZ, J.; NUGENT, A.; HALPER, F. **Big Data para Leigos**. Ed. 1. [SI]: Para Leigos, 2013. ISBN 1118504224. Citações nas páginas 62, 63 e 64.
- IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. [S.I.], 2014. Technical Report. Cited on page 91.
- BIRD/IDA. **Construindo Resiliência: Integrando Riscos Climáticos e de Desastres no Desenvolvimento**. [SI], 2013. Relatório Técnico. Citado na página 56.
- IKEDA, S.; SATO, T.; FUKUZONO, T. Rumo a uma estrutura de gestão integrada para riscos de desastres emergentes no Japão. **Riscos Naturais**, v. 44, n. 2, pág. 267–280, 2008. Citado na página 77.
- IMRAN, M.; CASTILHO, C.; DIAZ, F.; VIEWEG, S. Processamento de mensagens de mídia social em emergência em massa: uma pesquisa. **ACM Computing Surveys**, v. 47, n. 4, pág. 1–37, 2014. Citações nas páginas 42, 64, 130 e 140.

JANSEN, JM; LIJNSE, B.; PLASMEIJER, R. Rumo ao suporte dinâmico do fluxo de trabalho para gerenciamento de crises. In: **Anais da 7ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Seattle, EUA: [sn], 2010. p. 1–5. Citado na página 68.

JANSSENS, L.; SMEDT, J. D.; VANTHIENEN, J. Modelagem e execução de decisões empresariais. In: **Proceedings of the 28th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE)**. Liubliana, Eslovênia: [sn], 2016. p. 1-12. Citações nas páginas 69 e 129.

JHA, AK Casas mais seguras, comunidades mais fortes: um manual para reconstrução após desastres naturais. Dentro: . [SI]: Banco Mundial, 2010. cap. Tipos e Impactos de Desastres, p. 339-344.

Citações nas páginas 39 e 73.

JHA, AK; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cidades e Inundações: Um Guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI**. Washington, DC, EUA: Banco Mundial, 2012. 638 p. Citado na página 91.

JIRKA, S.; BORING, A.; KJELD, P.; MAIDENS, J.; WYTZISK, A. Uma abordagem leve para o serviço de observação de sensores para compartilhar dados ambientais em toda a Europa. **Transações em SIG**, v. 16, n. 3, pág. 293–312, 2012. Citações nas páginas 94 e 98.

JONKMAN, S.; PENNING-ROSELL, E. Instabilidade humana em fluxos de cheias. **Jornal da Associação Americana de Recursos Hídricos**, v. 44, n. 4, pág. 1–11, 2008. Citado na página 98.

KAEWKITIPONG, L.; CHEN, C.; RACTHAM, P. Lições aprendidas com o uso das mídias sociais no combate a uma crise: Um estudo de caso do desastre de inundação de 2011 na Tailândia. In: **Anais da 33ª Conferência Internacional de Sistemas de Informação (ICIS)**. Orlando, EUA: [sn], 2012. p. 1-17. Citações nas páginas 65, 77, 78, 86 e 91.

KEENAN, PB Sistemas de apoio à tomada de decisão: conquistas e desafios para a nova década. Dentro: . **Sistemas de Apoio à Decisão: Conquistas e Desafios para a Nova Década**. [SI]: CI Global, 2009. Cap. Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão, p. 26-39. Citado na página 60.

KELLY, GC; TANNER, M.; VALEY, A.; CLEMENTS, A. Eliminação da malária: avançando com sistemas de apoio à decisão espacial. **Tendências em Parasitologia**, v. 28, n. 7, pág. 297–304, 2012. Citado na página 60.

KELMAN, I.; GAILLARD, JC; MERCER, J. O papel das mudanças climáticas no futuro da redução do risco de desastres: Além da vulnerabilidade e resiliência. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 6, n. 1, pág. 21–27, 2015. Citado na página 42.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Diretrizes para a realização de revisões sistemáticas de literatura em engenharia de software**. [SI], 2007. Relatório Técnico. Citações nas páginas 71, 72, 80, 81 e 89.

KLEINDIENST, D.; PFLEGER, R.; SCHOCK, M. O alinhamento empresarial da análise de mídia social . In: **Anais da 23ª Conferência Europeia de Sistemas de Informação (ECIS)**. [SI: sn], 2015. p. 1-14. Citações nas páginas 42, 65, 128, 130, 134, 151 e 168.

KOGA, I.; MEDEIROS, CB Integração e processamento de eventos de fontes de dados heterogêneas. In: **Anais do 32º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)**. [SI: sn], 2012. p. 1–8. Citado na página 103.

- KOSCIELNIAK, H.; PUTO, A. Big data nos processos decisórios das empresas. **Procedia Computer Science**, v. 65, p. 1052–1058, 2015. Citações nas páginas 105, 130 e 133.
- KOTHARI, CR; GARG, G. **Metodologia de Pesquisa: Métodos e Técnicas**. [S]: Nova Era, 2004. 470 p. Citado na página 46.
- KUMAR, S.; HAVEY, T. Antes e depois dos desastres: Uma estrutura de apoio à decisão da cadeia de suprimentos de socorro. **International Journal Production Economics**, v. 145, n. 2, pág. 613-629, 2013. Citações nas páginas 86 e 87.
- KURNIAWATI, K.; SHANKS, GG; BEKMAMEDOVA, N. O impacto comercial da análise de mídia social. In: **Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems (ECIS)**. Utrecht, Holanda: [sn], 2013. p. 1-12. Citações nas páginas 42, 63, 128, 133, 134 e 151.
- LAU, F. Uma revisão sobre o uso da pesquisa-ação em estudos de sistemas de informação. [Continuar](#). In: **ings of the International Conference on Information Systems and Qualitative Research**. Filadélfia, EUA: Springer EUA, 1997. p. 31-68. Citado na página 134.
- LEE, J.; KIM, J.; KIM, D.; CHONG, PK; KIM, J.; JANG, P. RFMS: Sistema de monitoramento de inundação em tempo real com redes de sensores sem fio. In: **Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems (MASS)**. Atlanta, EUA: [sn], 2008. p. 527-528. Citações nas páginas 40 e 91.
- LEVY, JK; HARTMANN, J.; LI, KW; ALGUM.; ASGARY, A. Sistemas Multicritérios de Apoio à Decisão para Mitigação de Riscos de Inundação e Resposta a Emergências em Bacias Hidrográficas Urbanas. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, n. 2, pág. 346–358, 2007. Citado na página 60.
- LEYH, W.; FAVA, MC; ABE, N.; RESTREPO-ESTRADA, C.; HORITA, FEA; MEN DIONDO, EM; ALBUQUERQUE, JP de. Sdi-node para interligar informações, essenciais para a preparação e gestão de desastres, com outros dados abertos vinculados. In: **Anais da 13ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Rio de Janeiro, Brasil: [sn], 2016. p. 1–1. Citado na página 20.
- LIANG, LY; MIRANDA, R. Dashboards e scorecards: sistemas de informação executiva para o setor público. **Revisão das Finanças Governamentais**, v. 17, n. 6, pág. 14–19, 2001. Citações nas páginas 60, 61, 95 e 148.
- LINK, D.; HELLINGRATH, B.; LING, J. Uma abordagem human-is-the-loop para moderação de conteúdo semiautomatizada . In: **Anais da 13ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. [S]: sn], 2016. p. 1-13. Citado na página 40.
- LINK, D.; HORITA, FEA; ALBUQUERQUE, JP; HELLINGRATH, B.; GHASEMIVAND HONARYAR, S. Um método para extrair informações relacionadas a tarefas de mídias sociais com base em conhecimento de domínio estruturado. **Anais da 21ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS)**, Rio Grande, Porto Rico, p. 1–16, 2015. Citações nas páginas 21, 38, 42 e 57.
- LONGUEVILLE, BD; ANNONI, A.; SCHADE, S.; OSTLAENDER, N.; WHITMORE, C. Sistema Nervoso Digital da Terra para eventos de crise: ativação da Web de Sensores em tempo real de

Informação Geográfica Voluntária. **International Journal of Digital Earth**, v. 3, n. 3, pág. 242–259, 2010. Citações nas páginas 77 e 91.

LONGUEVILLE, BD; LURASCHI, G.; SMITHS, P.; PEEDELL, S.; GROEVE, TD Cidadãos como sensores para riscos naturais: um fluxo de trabalho de integração VGI. **Geomática**, v. 64, pp. 41-59, 2010. Citações nas páginas 55 e 65.

MACEACHREN, AM; JAISWAL, A.; ROBINSON, AC; PEZANOWSKI, S.; SAVELYEV, A.; MITRA, P.; ZHANG, X.; BLANFORD, J. SensePlace2: GeoTwitter Analytics Support for Situational Awareness. In: **Proceedings of the 2011 IEEE Symposium Visual Analytics Science and Technology (VAST)**. Providence, Rhode Island, EUA: [sn], 2011. p. 181-190. Citado na página 86.

MAHENDRAWATHI, ER; PRANANTHA, D.; UTOMO, J. Desenvolvimento de dashboard para gestão de logística hospitalar. In: **Proceedings of the 2010 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)**. Kuala Lumpur, Malásia: [sn], 2010. p. 86-90. Citado na página 61.

MALSBENDER, A.; BEVERUNGEN, D.; VOIGT, M. et al. Capitalizando na análise de mídia social – insights de uma revisão on-line sobre modelos de negócios. In: **Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems (AMCIS)**. Chicago, Illinois, EUA: [sn], 2013. p. 1–9. Citações nas páginas 42, 63, 128, 133, 134 e 151.

MANDVIWALLA, M.; WATSON, R. Geração de capital a partir das mídias sociais. **MIS Trimestral**, v. 13, n. 2, pág. 97–113, 2014. Citações nas páginas 38, 64 e 128.

MANSOURIAN, A.; RAJABIFARD, A.; ZOEJ, MV; WILLIAMSON, I. Usando SDI e sistema baseado na web para facilitar a gestão de desastres. **Computadores e Geociências**, v. 32, n. 3, pág. 303–315, 2006. Citações nas páginas 40, 41 e 168.

MANYIKA, J.; CHUI, M.; BROWN, B.; BUGHIN, J.; DOBBS, R.; ROXBURGH, C.; BYERS, AH **Big data: a próxima fronteira para inovação, competição e produtividade**. [S.I.], 2011. Relatório técnico. Citado na página 63.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. [S.I.], 2007. Relatório técnico. Citado na página 39.

MARKOVIC, N.; STANIMIROVIC, A.; STOIMENOV, L. Rede de sensores para monitoramento e sistema de alerta da poluição das águas fluviais. In: **Anais da 12ª Conferência Internacional de Ciência da Informação Geográfica (AGILE)**. Hannover, Alemanha: [sn], 2009. p. 1–9. Citações nas páginas 40, 41, 103 e 168.

MARKUS, ML; MAJCHRZAK, A.; GASSER, L. Uma teoria de projeto para sistemas que suportam processos de conhecimento emergentes. **MIS Trimestral**, v. 26, n. 3, pág. 179–212, 2002. Citado na página 135.

MARSH, JA; PANE, JF; HAMILTON, LS Entendendo a tomada de decisão baseada em dados na educação. **Evidências de Pesquisas Recentes da RAND**, p. 1–15, 2006. Citações nas páginas 38 e 42.

MCAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. Big data: a revolução da gestão. **Harvard Business Review**, v. 10, p. 59–68, 2012. <<https://hbr.org/2012/10/big-data-the-management-revolution>>. Citações nas páginas 38 e 64.

- MEIER, P. **Humanitários Digitais: Como o Big Data está mudando a face da resposta humanitária.** [SI]: Crc Press, 2014. Citado na página 40.
- MENDES, H. C.; MENDIONDO, E. M. Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: O caso da bacia do Gregório, São Carlos–Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 1, p. 17–27, 2007. Cited on page 96.
- MENDIONDO, EM Reduzindo a vulnerabilidade a desastres hídricos em áreas urbanas dos trópicos úmidos. In: **Anais da Gestão Integrada de Águas Urbanas**. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil: [sn], 2010. p. 109-127. Citações nas páginas 42 e 56.
- MERZ, B.; ELMER, F.; KUNZ, M.; MUHR, B.; SCHRÖTER, K.; UHLEMANN-ELMER, S. A inundaçāo extrema em junho de 2013 na Alemanha. **La Houille Blanche**, v. 2014, n. 1, pág. 5-10, 2012. Citado na página 91.
- MILLER, HG; MORK, P. Dos dados às decisões: uma cadeia de valor para big data. **Profissional de TI**, v. 15, n. 1, pág. 57–59, 2013. Citações nas páginas 38, 42 e 130.
- MISRA, A.; SHARMA, A.; GULIA, P.; BANA, A. Big data: Desafios e oportunidades. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, Citeseer, v. 4, n. 2, pág. 41–42, 2014. Citado na página 63.
- MITCHEL, JJ; RYDER, AJ Desenvolvimento e uso de indicadores de painel na avaliação de assuntos estudantis. **New Directions for Student Services**, v. 2013, n. 142, pág. 71–81, 2013. Citado na página 61.
- MITTEN, PT; PARSONS, BM Portfólios geoespaciais para análise/tomada de decisão (GeoPAD). In: **Proceedings of the IEEE/MTS Oceans Conference**. Waikoloa, EUA: [sn], 2011. p. 1–5. Citado na página 59.
- MOLINA, M.; BAYARRI, S. Um sistema multinacional baseado em IDE para facilitar a gestão do risco de desastres na comunidade andina. **Computadores e Geociências**, v. 37, n. 9, pág. 1501-1510, 2011. Citações nas páginas 41 e 103.
- MORA, M.; FORGIONNE, G.; GUPTA, J.; CERVANTES, F.; GELMAN, O. Um Framework para Avaliar Sistemas Inteligentes de Apoio à Tomada de Decisão. In: **Anais da 7ª Conferência Internacional de Sistemas de Conhecimento e Engenharia (KES)**. Oxford, Reino Unido: [sn], 2003. p. 59-65. Citado na página 58.
- MOREIRA, RB; DEGROSSI, LC; ALBUQUERQUE, JP Uma avaliação experimental de uma abordagem baseada em crowdsourcing para gestão de risco de inundaçāo. In: **Anais do 12º Workshop de Engenharia de Software Experimental (ESELAW)**. Lima, Peru: [sn], 2015. p. 1-11. Citado na página 104.
- MUMFORD, E. A história do design sociotécnico: reflexões sobre seus sucessos, fracassos e potencial. **Revista de Sistemas de Informação**, v. 16, n. 4, pág. 317–342, 2006. Citado na página 166.
- MUNICRE. **Empresa de resseguros de Munique, Geo Risks Research, NatCat SERVICE**. http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/annual_statistics/index.html: [sn], 2015. Citado na página 39.
- MUNRO, R. Crowdsourcing e a comunidade afetada pela crise. **Recuperação de Informação**, v. 16, n. 2, pág. 1–57, 2012. Citado na página 77.

NEVILLE, KM; DOYLE, C.; MUELLER, J.; SUGRUE, A. Apoiar a tomada de decisões de gestão de emergências transfronteiriças. In: **Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems (ECIS)**. Utrecht, Holanda: [sn], 2013. p. 1–7. Citado na página 59.

NIKO, DL; HWANG, H.; LEE, Y.; KIM, C. Integrando Conteúdo Gerado pelo Usuário e Dados Espaciais em Web GIS para História de Desastres. **Computadores, Redes, Sistemas e Engenharia Industrial 2011**, v. 365, p. 245–255, 2011. Citações nas páginas 65, 66 e 77.

NORRIS, FH; STEVENS, SP; PFEFFERBAUM, B.; WYCHE, KF; PFEFFERBAUM, RL. Resiliência comunitária como metáfora, teoria, conjunto de capacidades e estratégia para desastres. **American Journal of Community Psychology**, v. 41, n. 1-2, pág. 127–150, 2008. Citações nas páginas 40, 42 e 56.

NOVAK, DD; PAULOS, A.; CLAIR, GS. Reduções orçamentárias baseadas em dados: um estudo de caso. **The Bottom Line**, v. 24, n. 1, pág. 24–34, 2011. Citações nas páginas 38 e 151.

OGC. **Padrão de Interface de Serviço de Observação de Sensor**. [SI], 2012. <<http://www.opengeospatial.org/standards/sos>>. Citações nas páginas 93, 94, 99 e 100.

_____. **Observações e Medições (O&M)**. [SI], 2013. <<http://www.opengeospatial.org/standards/om>>. Citações nas páginas 93, 94, 110, 140 e 141.

_____. **OGC Sensor Observation Service 2.0 Perfil de Hidrologia**. [SI], 2014. <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=57327>. Citado na página 94.

OH O.; KWON, KH; RAO, HR. Uma exploração das mídias sociais em eventos extremos: teoria de rumores e twitter durante o terremoto do Haiti 2010. In: **Anais da 32ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação (ICIS)**. Saint Louis, Missouri, EUA: [sn], 2010. p. 1-14. Citado na página 86.

O'LEARY, DE. Inteligência artificial e big data. **IEEE Intelligent Systems**, Piscataway, NJ, EUA, v. 28, n. 2, pág. 96–99, 2013. Citado na página 64.

OH MEU DEUS. **Modelo e Notação de Processos de Negócios (BPMN), Versão 2.0**. [SI], 2013. <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>>. Citações nas páginas 67 e 128.

_____. **Modelo de Decisão e Notação (DMN)**. [SI], 2014. <<http://www.omg.org/spec/DMN/>>. Citações nas páginas 69, 128 e 140.

OSTERMANN, FO; SPINSANTI, L. Um fluxo de trabalho conceitual para avaliar automaticamente a qualidade de informações geográficas voluntárias para gerenciamento de crises. In: **Anais da 14ª Conferência Internacional de Ciência da Informação Geográfica (AGILE)**. Utrecht, Holanda: [sn], 2011. p. 1–6. Citado na página 65.

OTHMAN, SH; BEYDOUN, G. Gestão de desastres orientada por modelos. **Information & Management**, v. 50, n. 5, pág. 218–228, 2013. Citado na página 129.

PATEL, R.; KAUSHIK, B. RIFMAS: Sistema de gerenciamento de vazão fluvial usando agentes sensores sem fio. In: **Proceedings of the 2009 IEEE International Advance Computing Conference (IACC)**. Patiala, Punjab, Índia: [sn], 2009. p. 853-857. Citado na página 91.

- PEARCE, L. O valor da participação pública durante uma análise de perigo, impacto, risco e vulnerabilidade (HIRV). **Estratégias de Mitigação e Adaptação para Mudanças Globais**, v. 10, n. 3, pág. 411–441, 2005. Citado na página 77.
- PERHOVAZ, R. P. **Estudo experimental e teórico da qualidade de água da drenagem urbana com base ecohidrológica**. Dissertação (Mestrado) — Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, 2010. Cited on page 96.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Estudos de mapeamento sistemático em engenharia de software. In: **Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE)**. Bari, Itália: [sn], 2008. p. 68-77. Citações nas páginas 48, 71 e 89.
- PETERSON, R. **Construindo Questionários Eficazes**. [S.l]: Publicações SAGE, 2000. Cited on page 109.
- POHL, D.; BOUCHACHIA, A.; HELLWAGNER, H. Apoio ao Gerenciamento de Crises via Detecção de Subeventos em Redes Sociais. In: **Anais do 21º Workshop Internacional sobre Tecnologias Facilitadoras: Infraestrutura para Empresas Colaborativas (WETICE)**. Toulouse, França: [sn], 2012. p. 373-378. Citações nas páginas 77 e 86.
- POIANI, T. H.; HORITA, F. E. A.; ALBUQUERQUE, J. P. de. Análise geográfica entre mensagens georreferenciadas de redes sociais e dados oficiais para suporte à tomada de decisões de agências de emergência. In: **Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Geoinformatics (Geoinfo)**. Campos do Jordão, Brazil: [s.n.], 2015. p. 38–43. Cited on page 20.
- POSER, K.; DRANSCH, D. Ofereceu informações geográficas para gerenciamento de desastres com aplicação para estimativa rápida de danos causados por enchentes. **Geomatica**, v. 64, n. 1, pág. 89–98, 2010. Citações nas páginas 56, 57, 66, 73 e 77.
- POWER, D. Sistemas de Apoio à Decisão: Do Passado ao Futuro. In: **Anais da 10ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS)**. Nova York, EUA: [sn], 2004. p. 2025-2031. Citado na página 58.
- POYNTON, TA; CAREY, JC Um modelo integrativo de tomada de decisão baseada em dados para aconselhamento escolar. **Aconselhamento Escolar Profissional**, v. 10, n. 2, pág. 121–130, 2006. Citado na página 38.
- PROVOTO, F.; FAWCETT, T. Data science e sua relação com big data e tomada de decisão orientada por dados. **Big Data**, v. 1, n. 1, pág. 51–59, 2013. Citações nas páginas 38, 42, 63, 133 e 134.
- RIJCKEN, T.; STIJNEN, J.; SLOOTJES, N. “SimDelta” - investigação sobre um modelo interactivo baseado na Internet para o desenvolvimento de infra-estruturas hídricas nos Países Baixos. **Água**, v. 4, n. 2, pág. 295–320, 2012. Citações nas páginas 86 e 87.
- ROBSON, C. **Pesquisa do mundo real**. [S.l]: John Wiley & Sons, 2011. 608 p. Citado na página 46.
- ROCHA, R. S.; DEGROSSI, L. C.; HORITA, F. E. A.; PEREIRA, J. P. A. AGORA-PL: uma proposta para desenvolvimento de famílias de sistemas colaborativos baseados em vgi para a gestão do risco de inundação. In: **Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Collaborative Systems (SBSC)**. Curitiba, Brazil: [s.n.], 2014. p. 118–125. Cited on page 21.

ROCHE, S.; PROPECK-ZIMMERMANN, E.; MERICKSKAY, B. Geoweb e gestão de crises: questões e perspectivas da informação geográfica voluntária. **GeoJournal**, v. 78, n. 1, pág. 21–40, 2011. Citações nas páginas 77 e 91.

ROSEMANN, M.; EGGERT, M.; VOIGT, M.; BEVERUNGEN, D. Aproveitando dados de redes sociais para estratégias analíticas de crm: a introdução do bi social. In: **Proceedings of the 20th European Conference on Information Systems (ECIS)**. Barcelona, Espanha: [sn], 2012. p. 1-12. Citações nas páginas 42 e 64.

ROTAVA, J.; MENDIONDO, E. M.; SOUZA, V. C. B. Simulação de instabilidade humana em inundações: primeiras considerações. In: **Proceedings of the 20th Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves, Brazil: [s.n.], 2013. p. 1–8. Cited on page 98.

RUIZ, MC; ROMERO, E.; PÉREZ, MA; FERNÁNDEZ, I. Desenvolvimento e aplicação de um sistema multicritério de apoio à decisão espacial para o planejamento de áreas industriais sustentáveis no norte da Espanha. **Automação na Construção**, v. 22, p. 320–333, 2012. Citado na página 60.

RUNESON, P.; HÖST, M. Diretrizes para conduzir e relatar pesquisas de estudo de caso em engenharia de software. **Engenharia Empírica de Software**, v. 14, n. 2, pág. 131–164, 2008. Citações nas páginas 109, 118 e 137.

RUSHTON, G. Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão. In: SMELSER, E.-i.-CNJ; BALTES, PB (Ed.). **Enciclopédia Internacional das Ciências Sociais e Comportamentais**. Oxford: Pergamon, 2001. p. 14785-14788. ISBN 978-0-08-043076-8. Citações nas páginas 59, 60, 61 e 151.

SAADATSERESHT, M.; MANSOURIAN, A.; TALEAI, M. Planejamento de evacuação usando abordagem de otimização evolutiva multiobjetivo. **Revista Europeia de Pesquisa Operacional**, v. 198, n. 1, pág. 305–314, 2009. Citado na página 128.

SAATY, TL Tomada de decisão com o processo de hierarquia analítica. **Revista Internacional de Ciências dos Serviços**, v. 1, n. 1, pág. 83–98, 2008. Citado na página 37.

SACKMANN, S.; HOFMANN, M.; BETKE, H. Rumo a uma análise baseada em modelo de informações relacionadas ao local em fluxos de trabalho de resposta a desastres. In: **Anais da 10ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Baden Baden, Alemanha: [sn], 2013. p. 78-83. Citações nas páginas 68 e 129.

SAEEDI, K.; ZHAO, L.; SAMPAIO, PRF Estendendo o bpmn para atender aos requisitos de qualidade de serviço voltados para o cliente. In: **Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Web Services (ICWS)**. [SI: sn], 2010. p. 616-623. Citado na página 68.

SALDAÑA, J. **O manual de codificação para pesquisadores qualitativos**. Ed. 2. Londres: Sage Publications Ltda, 2015. Citações nas páginas 49, 109 e 114.

SAMBAMURTHY, V.; DESANCTIS, G. Uma avaliação experimental dos efeitos do GDSS no desempenho do grupo durante a análise das partes interessadas. In: **Proceedings of the 23th Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS)**. Grand Wailea, Maui, Havaí: [sn], 1990. p. 79-88. Citado na página 59.

SANTORO, FM; BORGES, MRS; PINO, JA Adquirir conhecimento sobre processos de negócios a partir de histórias de stakeholders. **Informática de Engenharia Avançada**, v. 24, n. 2, pág. 138-148, 2010. Citado na página 129.

- SANTOS, L.; COUTINHO-RODRIGUES, J.; ANTUNES, CH Um sistema web de apoio à decisão espacial para roteirização de veículos usando o Google Maps. **Sistemas de Apoio à Decisão**, v. 51, n. 1, pág. 1–9, 2011. Citado na página 60.
- SAVELYEV, A.; XU, S.; JANOWICZ, K.; MÜLLIGANN, C.; Thatcher, J.; LUO, W. Vol unteered serviços geográficos: desenvolvendo um serviço baseado em localização orientado a dados vinculado. In: Anais do 1º ACM SIGSPATIAL International Workshop on Spatial Semantics and Ontology (SSO). Chicago, EUA: [sn], 2011. p. 25-31. Citações nas páginas 77 e 78.
- SCHADE, S.; DIAZ, L.; OSTERMANN, F.; SPINSANTI, L.; LURASCHI, G.; COX, S.; N, M.; LONGUEVILLE, B. Sensoriamento de eventos de crise com base no cidadão: ativação da web de sensores para informações geográficas voluntárias. **Geomática Aplicada**, vol . 5, n. 1, pág. 1–16, 2011. Citado na página 77.
- SCHAFER, W.; GANOE, C.; CARROLL, J. Apoiar o planejamento de gerenciamento de emergências comunitárias por meio de uma arquitetura de software de geocolaboração. **Trabalho Cooperativo Apoiado por Computador (CSCW)**, v. 16, n. 4-5, pág. 501–537, 2007. Citações nas páginas 77 e 78.
- SCHNEBELE, E.; CERVONE, G.; WATERS, N. Avaliação de estradas após eventos de inundação usando dados não confiáveis. **Riscos Naturais e Ciências do Sistema Terrestre**, v. 14, n. 4, pág. 1007–1015, 2014. Citações nas páginas 41, 103 e 133.
- SCHOOLEY, B.; HILTON, B.; LEE, Y.; MCCLINTOCK, R.; OLUSOLA, S.; HORAN, T.; SCHOOLEY, B.; MCCLINTOCK, R.; HORAN, T. CrashHelp: Uma Ferramenta GIS para Gerenciar Respostas Médicas de Emergência a Acidentes de Veículos Motorizados. In: **Anais da 7ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Informação para Resposta e Gestão de Crises (ISCRAM)**. Baden-Baden, Alemanha: [sn], 2010. p. 1-11. Citado na página 60.
- SELO, V.; RAHA, A.; MAITY, S.; MITRA, SK; MUKHERJEE, A.; NASKAR, MK Um esquema simples de previsão de inundações usando redes de sensores sem fio. **International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing**, v. 3, n. 1, pág. 45–60, 2012. Citado na página 91.
- SEAMAN, CB Métodos qualitativos em estudos empíricos de engenharia de software. **Transações IEEE em Engenharia de Software**, v. 25, n. 4, pág. 557–572, 1999. Citado na página 49.
- SEIN, MK; HENFRIDSSON, O.; PURAO, S.; ROSSI, M.; LINDGREN, R. Pesquisa em design de ação. **MIS Trimestral**, v. 35, n. 1, pág. 37–56, 2011. Citações nas páginas 28, 49, 134, 135, 136, 147 e 158.
- SHIM, K.; FONTANE, D.; LABADIE, J. Sistema Espacial de Apoio à Decisão para o Controle Integrado de Inundações em Bacias Hidrográficas. **Revista de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos**, v. 128, n. 3, pág. 190–201, 2002. Citações nas páginas 57 e 58.
- SHUKLA, S.; PANDEY, G. Projetar um modelo arquitetônico para monitoramento de inundações usando sistema de rede de sensores sem fio. **Revista Internacional de Ciência da Computação e Tecnologias da Informação**, v. 5, n. 1, pág. 502–507, 2014. Citado na página 91.
- SIMON, HA **A Nova Ciência da Decisão Gerencial**. Upper Saddle River, NJ, EUA: Prentice Hall PTR, 1977. Citado na página 37.
- SIMONOFF, JS; RESTREPO, CE; ZIMMERMAN, R.; NAPHTALI, ZS; WILLIS, HH Alocação de recursos, capacidade de resposta a emergências e concentração de infraestrutura em torno de locais vulneráveis. **Journal of Risk Research**, v. 14, n. 5, pág. 597–613, 2011. Citado na página 128.

SIMONOVIC, SP Sistema de Apoio à Decisão para Gestão de Cheias na Bacia do Rio Vermelho. **Canadian Water Resources Journal**, v. 24, n. 3, pág. 203–223, 1999. Citado na página 57.

SINNAPPAN, S.; FARRELL, C.; STEWART, E. Tweets inestimáveis! Um estudo sobre as mensagens do Twitter postadas durante a crise: sábado negro. In: **Proceedings of the Australasian Conferences on Information Systems (ACIS)**. Brisbane, Austrália: [sn], 2010. p. 1-11. Citado na página 77.

SOBREPEREZ, P. Usando grupos focais plenários na pesquisa de sistemas de informação: mais do que uma coleção de entrevistas. **Revista Eletrônica de Métodos de Pesquisa de Negócios**, v. 6, n. 2, pág. 181–188, 2008. Citado na página 49.

SOLTANI, SR; MONAVARI, SM; MAHINY, AS Gestão do uso do solo urbano, com base em GIS e avaliação multicritério (Estudo de caso: Província de Teerã, Irã). In: **Anais da Conferência Internacional de Tecnologia Multimídia (ICMT) 2011**. Hangzhou, China: [sn], 2011. p. 6644-6647. Citado na página 60.

SPAGNOLETTI, P.; RESCA, A.; SÆBØ, Ø. Design para engajamento em mídias sociais: Insights de assistência a idosos. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 24, n. 2, pág. 128–145, 2015. Citado na página 134.

SPRAGUE, RH; CARLSON, E. **Construindo Sistemas Eficazes de Apoio à Decisão**. [SI]: Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New Jersey., 1982. Citado na página 58.

STOLLBERG, B.; ZIPF, A. Serviços de Geoprocessamento para Apoio à Decisão Espacial no Domínio do Mercado Imobiliário Análises Experiências de Aplicação da Interface de Serviço de Processamento Web OGC na Prática. In: **Anais da 11ª Conferência Internacional de Ciência da Informação Geográfica (AGILE)**. Girona, Espanha: [sn], 2008. p. 1-10. Citado na página 60.

SUGUMARÃ, V.; SUGUMARAN, R. Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão baseados na Web (WebS DSS): Evolução, Arquitetura, Exemplos e Desafios. **Comunicações da Associação para Sistemas de Informação (AIS)**, v. 19, n. 1, pág. 1–23, 2007. Citado na página 151.

SULAIMAN, NA; HUSAIN, F.; HASHIM, KA; SAMAD, AM Um estudo sobre avaliação de risco de inundação para a sustentabilidade de Bandar Segamat usando sensoriamento remoto e abordagem GIS. In: **Anais do IEEE Control and System Graduate Research Colloquium 2012 (ICSGRC)**. Shah Alam, Malásia: [sn], 2012. p. 386-391. Citado na página 60.

SUSMAN, GI; EVERED, RD Uma avaliação dos méritos científicos da pesquisa-ação.

Trimestral de Ciências Administrativas, v. 23, n. 4, pág. 582–603, 1978. Citado na página 134.

TAYLOR, K.; GRIFFITH, C.; LEFORT, L.; GAIRE, R.; COMPTON, M.; WARK, T.; LAMB, D.; FALZON, G.; TROTTER, M. Cultivando a teia das coisas. **IEEE Intelligent Systems**, v. 28, n. 6, pág. 12–19, 2013. Citações nas páginas 42, 63, 130 e 163.

TSAI, MH; SUNG, EX; KANG, SC Análise de inundações orientada por dados e suporte a decisões. **Riscos Naturais e Discussões sobre Ciências do Sistema Terrestre**, v. 2016, p. 1–14, 2016. Citado na página 38.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Julgamento sob incerteza: Heurísticas e vieses. **Ciência**, v. 185, n. 4157, pág. 1124–1131, 1974. Citado na página 37.

UN. **Estrutura de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030**. [SI], 2015. Relatório Técnico . Citações nas páginas 42 e 168.

UNISDR. **2009 Terminologia UNISDR sobre Redução de Risco de Desastres.** [SI], 2009. Citado na página 55.

VASILIU, A. **Dashboards and Scorecards: Linking Management Reporting to Execution.**, 2006. <<http://dssresources.com/papers/features/vasiliu04302006.html>>. Citado na página 61.

VERA-BAQUERO, A.; COLOMO-PALACIOS, R.; MOLLOY, O. Análise de processos de negócios usando uma abordagem de big data. **IT Professional**, v. 15, n. 6, p. 29–35, 2013. Citações nas páginas 42 e 63.

VIEWEG, S.; CASTILLO, C.; IMRAN, M. Integrando comunicações de mídia social na avaliação rápida de desastres de início súbito. In: **Anais da Conferência Internacional de Informática Social 2014 (SocInfo)**. Barcelona, Espanha: [sn], 2014. p. 444-461. Citações nas páginas 38, 41, 42, 64, 105, 128, 130, 133, 140, 163, 165 e 168.

VIVACQUA, AS; BORGES, MR Aproveitando o conhecimento coletivo em sistemas de resposta a emergências. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 35, n. 1, pág. 189–198, 2012. Citações nas páginas 56, 57 e 77.

PAREDES, JG; WIDMEYER, GR; SAWY, OAE Construindo uma teoria de projeto de sistemas de informação para eis vigilantes. **Pesquisa em Sistemas de Informação**, v. 3, n. 1, pág. 36–59, 1992. Citado na página 135.

WAMBA, SF; AKTER, S.; EDWARDS, A.; CHOPIN, G.; GNANZOU, D. Como “big data” pode causar grande impacto: resultados de uma revisão sistemática e um estudo de caso longitudinal. **International Journal of Production Economics**, v. 165, p. 234–246, 2015. Citações nas páginas 42, 63, 105, 130, 133, 134, 140, 151, 163 e 168.

WAN, Z.; HONG, Y.; KHAN, S.; GOURLEY, J.; FLAMIG, Z.; CEREJA, D.; TANG, G. Uma infraestrutura cibernética da comunidade global de desastres de inundação baseada em nuvem: desenvolvimento e demonstração. **Modelagem Ambiental e Software**, v. 58, p. 86–94, 2014. Citações nas páginas 41, 103 e 168.

WANG, S.; LI, M. Análise do Serviço de Logística Otimizado de Agentes 3C em Taiwan Baseado em ABC-KMDSS. **Matemática Aplicada e Ciências da Informação**, v. 7, n. 1L, pág. 307-312, 2013. Citado na página 59.

WEAVER, A.; BOYLE, J.; BESALEVA, L. Aplicações e questões de confiança quando o crowdsourcing é uma crise. In: **Anais da 21ª Conferência Internacional de Comunicações e Redes de Computadores (ICCCN)**. Munique, Alemanha: [sn], 2012. p. 1–5. Citado na página 77.

WIDENER, MJ; HORNER, MW; METCALF, SS Simulando os efeitos das redes sociais na participação de uma população na evacuação de furacões. **Journal of Geography Systems**, v. 15, n. 2, pág. 193–209, 2013. Citado na página 86.

YATES, D.; PAQUETTE, S. Gestão do conhecimento de emergência e tecnologias de mídia social: um estudo de caso do terremoto haitiano de 2010. **International Journal of Information Management**, v. 31, n. 1, pág. 6–13, 2011. Citações nas páginas 77 e 86.

YIN, RK Pesquisa de **estudo de caso: Desenho e métodos**. [SI]: Publicações Sage, 2013. Citado na página 193.

YONGSONG, Z.; SIUMING, L.; KWOKKIT, Y. Modelo de Apoio à Decisão de Emergência Urbana Baseado em GIS. In: **Proceedings of the 4 International Conference on Management and Service Science 60.**

VOCÊ, Z.; SI, Y.-W.; ZHANG, D.; ZENG, X.; LEUNG, SC; LI, T. Um framework de tomada de decisão para marketing de precisão. **Sistemas Especialistas com Aplicações**, v. 42, n. 7, pág. 3357-3367, 2015. Citações nas páginas 105 e 133.

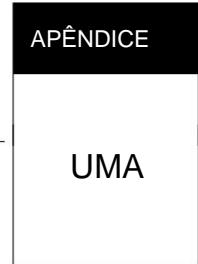
ZHANG, C.; LI, W. Os papéis de recursos da web e serviços de mapas da web no compartilhamento de dados geoespaciais em tempo real para aplicativos de tempo crítico. **Cartografia e Ciência da Informação Geográfica**, v. 32, n. 4, pág. 269–283, 2005. Citações nas páginas 41, 94, 103 e 147.

ZHANG, H.; BABAR, MA; TELL, P. Identificando estudos relevantes em engenharia de software. **Tecnologia da Informação e Software**, v. 53, n. 6, pág. 625–637, 2011. Citado na página 73.

ZHENG, L.; SHEN, C.; TANG, L.; ACESO.; LUÍS, S.; CHEN, S.; HRISTIDIS, V. Usando técnicas de mineração de dados para atender às necessidades críticas de troca de informações em redes públicas privadas afetadas por desastres. In: **Proceedings of the 16th ACM International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (SIGKDD)**. Washington, EUA: [sn], 2010. p. 125-134. Citado na página 61.

ZHOU, K.; FU, C.; YANG, S. Gerenciamento de energia inteligente orientado por big data: de big data a grandes insights. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 215–225, 2016. Citações nas páginas 130 e 165.

ZOOK, M.; GRAHAM, M.; SHELTON, T.; GORMAN, S. Informações geográficas voluntárias e ajuda coletiva em desastres: Um estudo de caso do terremoto haitiano. **Política Médica e de Saúde Mundial**, v. 2, n. 2, pág. 7–33, 2010. Citações nas páginas 40 e 66.



PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO NO CEMADEN

O protocolo de estudo de caso é um documento essencial quando um pesquisador está realizando um estudo de caso (YIN, 2013). Isso porque define todos os elementos do desenho de pesquisa do estudo, desde a questão de pesquisa até as regras de análise e publicação dos dados. Como consequência, aumenta a credibilidade e confiabilidade do estudo ao apontar suas ameaças à validade e fornecer um guia de pesquisa não apenas para orientar o pesquisador, mas também para permitir a reprodução do estudo de caso.

Portanto, este apêndice apresenta o protocolo do estudo de caso que foi utilizado como base para a realização do estudo de caso no Centro Nacional de Monitoramento e Alerta Prévio de Desastres Naturais (Cemaden).

1. Introdução

Este documento está estruturado da seguinte forma: as subseções a seguir descrevem o objetivo deste estudo de caso, bem como sua questão de pesquisa e contexto de pesquisa.

A seção 2 descreve o desenho da pesquisa, ou seja, o objeto de estudo, as variáveis e os critérios para a seleção dos casos. A Seção 3 detalha os instrumentos de pesquisa enquanto a Seção 4 descreve o processo de análise dos dados. A seção 5 apresenta os tópicos de validade. Eventualmente, a Seção 6 detalha o relatório de pesquisa.

1.1. Objetivo e pergunta de pesquisa

Este estudo de caso visa reunir dados de uma agência de emergência no Brasil para analisar seus processos de gestão de um alerta de desastre natural. Por gestão de um alerta entendemos todos os processos desde a monitorização das variáveis ambientais através de sensores (por exemplo, estações meteorológicas) até à emissão e encerramento de um alerta. Portanto, esse objetivo leva à seguinte questão de pesquisa:

RQ) Como os alertas sobre um desastre natural são gerenciados pelos tomadores de decisão de uma agência brasileira de emergência?

Além disso, este estudo segue as atividades definidas pelo ciclo de vida do estudo de caso proposto por Yin (2009) e Runeson & Höst (2009).

1.2. Contexto de Pesquisa: Centro Nacional de Alerta e Monitoramento de Desastres Naturais (CEMADEN)

O Centro Nacional de Monitoramento e Alerta Precoce de Desastres Naturais (CEMADEN), órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), foi criado em 2011, após o desastre da Região Serrana do Rio de Janeiro Estado. Dentre as atividades do CEMADEN, as seguintes tarefas desempenham um papel crucial no apoio à gestão de desastres no Brasil: (1) o desenvolvimento de alertas para desastres iminentes que possam subsidiar medidas de prevenção e resposta; (2) o desenvolvimento e implementação de sistemas de monitoramento de desastres naturais; (3) a operação desses sistemas de monitoramento; e (4) a emissão de alertas de desastres naturais iminentes ao Centro Nacional de Gestão de Riscos de Desastres (CENAD).

Embora o CEMADEN possua equipamentos próprios de monitoramento (incluindo estações hidrológicas, estações meteorológicas e pluviômetros automatizados), o centro trabalha em colaboração com diversas instituições, como Agência Nacional de Águas (ANA), Companhia Brasileira de Pesquisas Geológicas (CPRM) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estes fornecem mais dados sobre as condições meteorológicas, riscos

mapas e variáveis ambientais, que assim complementam os dados existentes do centro. Todos estes dados podem assim ser disponibilizados para apoiar as atividades de monitorização e serviços de alerta realizados dentro de uma Sala de Monitorização (Figura 1).



Figura 1. Sala de monitoramento do CEMADEN

A sala está equipada com uma parede de vídeo, que pode exibir diferentes tipos de informações, por exemplo, o número de alertas abertos e dados das estações hidrológicas ou áreas alagadas. Isso é usado por uma equipe de monitoramento que trabalha em turnos de seis horas, a partir da meia-noite. O tamanho dessas equipes varia de cinco a sete membros e inclui pelo menos um especialista em cada área (hidrologia, meteorologia, geologia e gestão de desastres). A equipe de monitoramento possui três canais de comunicação: (1) entre os integrantes, (2) com o CENAD e (3) para notificações urgentes. Como todos os membros estão dentro da sala de monitoramento, a comunicação pode ocorrer de forma individual, ou uma reunião da equipe pode ser realizada no meio da sala. Por sua vez, a comunicação com o CENAD, que é um braço da Secretaria Nacional de Defesa Civil, é realizada por e-mail pelo especialista em gestão de desastres. Se for uma emergência - por exemplo, um desastre grave é iminente ou um desastre já está ocorrendo - o aviso pode ser emitido ao CENAD por telefone ou por videoconferência para que os planos de contingência do Sistema Nacional de Defesa Civil possam ser acionados.

Por fim, os níveis de alerta precoce são definidos por uma matriz (Tabela 1), que cruza duas variáveis - o impacto potencial e a possibilidade de ocorrência de um desastre natural - e esta pode ser dividida em três níveis - moderado, alto e muito alto .

		Impacto potencial	
		Moderado	Alto
Possibilidade	Muito	Moderado	Alto
	Muito		Muito

do Ocorrência	Alto			Alto
	Alto	Moderado	Alto	Muito Alto
	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

Tabela 1. Uma matriz de avisos mostrando diferentes níveis de desastre

Aqui, há uma avaliação dos impactos potenciais de um desastre e os danos estimados em termos de pessoas nas comunidades e edifícios afetados; enquanto o fator de risco é representado pela análise de variáveis como vulnerabilidade das comunidades, condições climáticas, uso do solo e habitantes expostos ao risco.

1.3. *Bases teóricas*

O alerta precoce foi definido como “o fornecimento de informações oportunas e eficazes, por meio de instituições identificadas, que permitem que indivíduos expostos a um perigo tomem medidas para evitar ou reduzir seu risco e se preparem para uma resposta eficaz” (UNISDR, 2004). Os sistemas de alerta precoce definem a infraestrutura tecnológica que pode auxiliar na realização dessas tarefas. Foi instalada uma infraestrutura tecnológica como meio de suporte ao processamento de dados e previsão de desastres naturais; baseia-se em modelos especializados em sistemas de alerta precoce. No entanto, esses sistemas precisam ir além dessa infraestrutura, levando em consideração a forma como os riscos são entendidos e fornecendo informações para um sistema de alerta precoce. Isso ocorre porque esses fatores podem ser necessários para desencadear ações que podem prevenir ou mitigar um desastre.

Os sistemas de alerta precoce são difundidos no campo da gestão de desastres e atuam como uma alternativa importante para apoiar a preparação e resposta a desastres. Picozzi et al. (2015) desenvolveram um sistema de alerta precoce para terremotos que fornece mensagens de alerta em cerca de 5 a 10 s para áreas de risco sísmico, enquanto Alfieri et al. (2012) analisaram um sistema operacional europeu de alerta para desastres relacionados à água. Outra linha de pesquisa tem sido usar informações de plataformas de crowdsourcing - por exemplo, Twitter e OpenStreetMap - para fornecer informações atualizadas para sistemas de alerta precoce. Em seu trabalho, Chatfield e Brajawidagda (2013) demonstraram que as mensagens de mídia social podem atuar como uma fonte complementar de informação na detecção de desastres. O uso do crowdsourcing também foi explorado no trabalho de Meissen e Fuchs-Kittowski (2014). Este trabalho emprega crowdsourcing como dados de entrada para processamento adicional do modelo ou como dados de entrada para verificar a plausibilidade das saídas do modelo de previsão ou para aumentar a imagem geral da situação perigosa. Também tem havido algum trabalho sobre gestão de desastres que visa modelar as tarefas dos tomadores de decisão. Dentro deste grupo, McEntire e Myers (2004) delinearam as tarefas e procedimentos que devem ser realizados para preparar as comunidades para desastres. Blecken (2010) introduziu um modelo de tarefa de referência, que apoia organizações humanitárias na modelagem e otimização de sua gestão da cadeia de suprimentos.

Os trabalhos citados acima deixam claro que há um número considerável de estudos sobre

o uso de sistemas de alerta precoce para gerenciamento de desastres, mas a maioria deles apenas enfatiza a infraestrutura tecnológica dos sistemas. Da mesma forma, embora existam muito poucos trabalhos que examinam a questão da tomada de decisão em desastres gestão, nenhum deles discute o processo de alerta precoce. É importante analisar isso, pois pode evidenciar o gargalo de informação ou o uso indevido dos sistemas de informação pelos atores. tempo de resposta necessário para avisos.

2. Projeto

Esta seção apresenta o desenho do estudo de caso. Em primeiro lugar, descreve o objeto de estudo (ou: unidade de análise), ou seja, o fenômeno que foi observado e analisado. Essa definição é essencial para limitar o escopo do estudo, bem como vincular o estudo de caso ao seu objetivo e questão de pesquisa. Finalmente, esta seção descreve os critérios para selecionar um caso.

2.1. Objeto de Estudo

Uma vez que o objetivo deste estudo de caso é analisar a gestão de alertas de desastre natural do CEMADEN, seu objeto de estudo são todos os processos realizados por seus integrantes, principalmente aqueles relacionados a esta tarefa. Uma unidade de análise de casos múltiplos visa obter uma compreensão clara sobre esses processos. Aqui, os processos realizados por um membro do CEMADEN são considerados uma unidade de análise. A Figura 2 exibe essas definições de contexto, caso e unidade de análise.

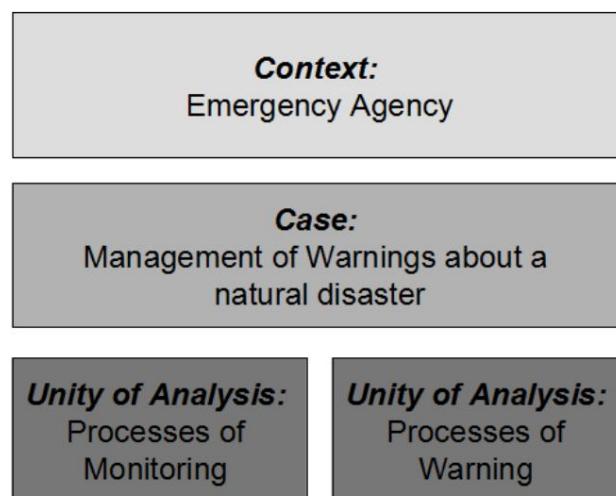


Figura 2. Definição do estudo de caso

A unidade de análise pode então ser analisada pelas seguintes variáveis, que podem ser usadas para analisar os processos de uma instituição. Essas variáveis foram levantadas a partir de

a revisão da literatura, bem como padrões conhecidos de modelagem e notação (Blecken, 2010; OMG, 2013; OMG, 2014; OGC, 2013; Horita et al. 2015; NOAA, 2010; Léon et al., 2006; Cruz Vermelha, 2009).

- **Atividade:** esta variável se refere a um termo genérico para o trabalho que uma instituição executa.
- **Regra de Negócios (ou: Conhecimento de Negócios):** esta variável está associada às funções ou regras, que podem ser utilizadas para apoiar a tomada de decisões. Pode ser uma tabela de decisão ou um modelo analítico (por exemplo, modelo hidrológico). • **Decisão:** representa a tarefa de escolher uma alternativa entre diferentes opções, fornecendo dados de entrada específicos e regras de negócios.
- **Requisito de informação:** esta variável representa todas as informações necessárias para apoiar a tomada de decisão, por exemplo, os dados de entrada para uma decisão. Ele pode ser representado por itens de dados simples ou estruturas de dados complexas, mas em vez de uma fonte de dados.
- **Autor:** as partes interessadas relacionadas a uma atividade ou decisão interagindo diretamente (por exemplo, tomando uma decisão) ou indiretamente (por exemplo, processando dados). Eles podem ser um único autor (por exemplo, hidrólogo ou gestor de desastres) ou uma instituição (por exemplo, Agência Nacional de Águas).
- **Fonte de dados:** está associada a todos os recursos que podem ser usados para fornecer as informações necessárias a uma atividade ou decisão, por exemplo, um relatório, uma instituição ou um sistema de informação. Em contraste com um requisito de informação, isso representa a fonte de informação e não a própria informação.
- **Relação:** esta variável denota a relação entre outros dois elementos, por exemplo, um gestor de desastres (elemento autor) decide se dar ou não um alerta (elemento decisão) ou um relatório da instituição (elemento fonte de dados) pode informar que um aeroporto está fechado (elemento requisito de informação). Isso também indica qual elemento é o consumidor - quando requer a saída de outro elemento - e qual é o provedor - quando fornece uma entrada para outro elemento.
- **Fluxo de Sequência:** esta variável define a ordem, quais atividades serão realizado.
- **Níveis de Aviso:** os avisos são normalmente separados em três níveis - por exemplo, moderado, alto e muito alto - que indicam quais atividades devem ser realizadas. Além disso, alguns dos sistemas de alerta precoce definem cores para esses níveis como forma de facilitar a comunicação e divulgação de um alerta. Esta variável inclui os elementos associados aos níveis de aviso. • **Elementos de Aviso:** esta variável define elementos sobre a forma como o aviso é escrito e falado, por exemplo, velocidade, precisão e clareza. • **Conhecimento do risco:** esta variável indica os elementos relacionados com a compreensão do risco e, assim, suporta a avaliação do risco, por exemplo, medições de risco, conceito de risco, definição de risco, áreas vulneráveis, mapas de risco, etc.
- **Comunicação:** esta variável comprehende os elementos que estão relacionados à disseminação da informação.

Essas variáveis foram utilizadas, por sua vez, para definir um conjunto de tópicos de estudo de caso, que subsidiaram o desenvolvimento do questionário (ver Tabela 1).

2.3. Seleção de Caso

Como este estudo de caso visa o gerenciamento de um alerta de desastre natural em uma agência de emergência no Brasil, o caso selecionado precisa atender aos seguintes critérios de caso:

CC1: o caso de estudo trabalha para uma agência de emergência.

CC2: o caso de estudo gerencia (ou tinha gerenciado) alertas na emergência agência.

CC3: o caso em estudo já atendeu pelo menos uma situação de emergência anteriormente.

CC4: o caso de estudo é um hidrólogo, meteorologista, geólogo ou gestor de desastres.

3. Instrumentos de Pesquisa

Esta seção detalha as informações sobre o processo de coleta de dados. Neste estudo de caso, coletaremos dados por meio de entrevistas semiestruturadas com tomadores de decisão e observação participante no CEMADEN. As entrevistas semiestruturadas foram escolhidas devido à flexibilidade dada ao entrevistador, o que pode melhorar a entrevista fazendo perguntas além daquelas previamente definidas (Yin, 2009). Além disso, espera-se que essas entrevistas tenham duração máxima de uma hora, o que precisa se adequar à disponibilidade de horário dos participantes. Por fim, a entrevista só será gravada se o participante permitir.

Para orientar essas entrevistas, a subseção a seguir apresenta um plano de entrevistas, que é composto por todas as informações e perguntas que precisam ser levantadas com os entrevistados.

3.1. Plano de Entrevista e Questionário

As fases do plano de entrevista são três: (a) o brainstorming inicial sobre as informações gerais do CEMADEN; (b) as questões semiestruturadas; (c) as considerações finais. No início da entrevista, é solicitado ao participante o preenchimento do termo de consentimento, que detalha o escopo do estudo e os procedimentos utilizados.

O brainstorming inicial visa reunir os seguintes dados:

- Formação Acadêmica e Profissional

- Posição atual no CEMADEN
- Departamento
- Experiências anteriores na área de desastres e na posição atual
- Tamanho da equipe, por exemplo, número de membros e histórico dos membros
- O entrevistado começou como funcionário temporário ou funcionário permanente

Espera-se que esta primeira fase não demore mais de 15 minutos (ou 1/4 do tempo da entrevista). Após isso, estamos prontos para iniciar a segunda fase, as perguntas semiestruturadas.

Isso durará mais tempo como 30 minutos (ou 2/4 do tempo da entrevista) porque visa reunir todos os dados que poderiam ser usados para responder às perguntas preliminares. A Tabela 1 apresenta o tema do estudo de caso, as variáveis, as perguntas e a pergunta ao entrevistado.

Tabela 1. Questionário

Tópicos	Variáveis	Perguntas	Perguntas ao entrevistado
Processos (OMG, 2013; OMG, 2014)	Atividade	1. Quais são as atividades que você realiza?	1 Quais são as atividades (ou: tarefas) que você desempenha dentro do CEMADEN?
		2. Você acha que uma atividade específica acontece em diferentes eventos?	
	Decisão	3. Quais das atividades podem ser definidas como uma decisão?	
		4. Existe alguma sequência clara de atividades?	
	Fluxo de Sequência Em formação Requerimento	5. Quais são as informações que você precisa para tomar a decisão?	
		6. Quais são as fontes de dados consideradas para coletar as informações necessárias?	
	Fonte de dados O negócio Conhecimento	7. Existe algum artefato que norteie as atividades do CEMADEN?	
		8. Existe alguma lógica de decisão (ou: algoritmo) que você usa para apoiar a decisão?	
	Risco Conhecimento	9. Quais são as medidas usadas para indicar uma próxima	3. O que você entende por gestão de risco? Quão

Aviso (Léon et al., 2006; Cruz Vermelha, 2009; NOAA, 2010)		evento?	podemos medir o risco?
		10. Quais são os elementos que indicam um próximo evento?	
		11. O que você entende por risco e advertência?	
	Níveis de aviso	12. Em qual caso o nível de alerta pode ser alterado? por exemplo, de moderado a alto ou alto a muito alto.	4. Como o aviso é gerenciado? por exemplo, aumentar o nível de aviso, cancelá-lo ou melhorar sua qualidade.
	Aviso Elementos	13. Qual é a eficiência dos avisos?	5. Como é avaliada a eficiência e precisão de um aviso?
		14. Como é avaliada a precisão de um aviso?	
		15. As informações fornecidas pelo aviso são úteis?	
	Autor	16. Quais são os atores envolvidos na atividade de monitoramento e alerta?	6. Quais são as partes interessadas envolvidas com o seu trabalho? Como é a comunicação entre eles?
	Relação	17. Qual é a sua relação com os outros atores?	
	Comunicação	18. Como é realizada a comunicação entre os atores? por exemplo, via documento, telefone, sistema de informação.	
		19. Os riscos e os avisos são bem compreendidos?	

Terminada a aplicação do questionário, pode-se iniciar a terceira fase - as considerações finais. Nesta fase final, o entrevistado é convidado a fazer qualquer consideração final sobre os tópicos discutidos durante a entrevista. O entrevistador também pode fazer algum comentário ou observação. Quando tanto o entrevistado quanto o entrevistador não têm mais consideração, a entrevista é encerrada. Esta fase final não deve demorar mais de 10 minutos.

3.2. Observações

Além das entrevistas, este estudo de caso também prevê a realização de observações dentro da sala de monitoramento do CEMADEN. As observações são utilizadas para estudos de caso, pois podem fornecer uma compreensão profunda do fenômeno estudado a partir de seu cenário real (Runeson & Höst, 2009). Além disso, a análise das atividades cotidianas na sala de monitoramento pode fornecer novos insights e até mesmo consolidar os resultados das entrevistas.

A abordagem adotada para a coleta de dados é acompanhar um grupo de tomadores de decisão em suas atividades diárias na sala de monitoramento, anotar os eventos de interesse e posteriormente analisá-los em conjunto com os resultados das entrevistas. Optamos por realizar observações simples com *baixo grau de interação por parte do pesquisador* (Runeson & Höst, 2009). Isso ocorre porque o acesso dos tomadores de decisão à sala de monitoramento é limitado e técnicas mais profundas de coleta de dados (por exemplo, pensar em voz alta) são difíceis de serem executadas.

O roteiro definido para a coleta de dados na sala de monitoramento é composto por duas fases: (1) a compreensão da sala de monitoramento e (2) a observação das atividades do dia a dia. A primeira fase deve ser realizada com um membro da sala de monitoramento com o objetivo de coletar os seguintes dados:

1. Os objetivos da sala de monitoramento; 2. As tarefas, que são realizadas na sala; 3. A organização dos membros da sala; 4. O papel de cada membro; 5. O espaço de trabalho de cada membro; 6. Os sistemas de informação disponíveis;

7. Os sistemas de informação utilizados;
8. Os demais recursos disponíveis, como lousas e videowall;
9. O papel de cada recurso disponível;
10. Os protocolos dentro da sala.

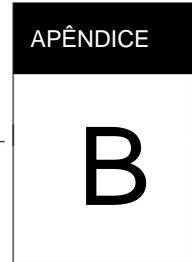
Esta primeira fase não deve demorar mais de 20 minutos. Na segunda fase, esperamos coletar dados para analisar os processos (ou: atividades) de gestão de alertas de desastres naturais. As variáveis definidas na Seção 2.1 - *Atividade, Conhecimento do Negócio, Decisão, Requisitos de Informação, Ator, Fonte de Dados, Fluxo de Sequência, Níveis de Alerta, Elementos de Alerta, Conhecimento de Risco, Comunicação e Relacionamento* - foram utilizadas como pontos de interesse para estruturar a coleta de dados , por exemplo, durante o trabalho de campo, o observador considerará a variável “*Comunicação*” para analisar como é feita a comunicação entre as equipes, ou a análise sobre a ordem de execução das atividades faz parte da variável “*Fluxo de Sequência*”.

Esta segunda fase provavelmente levará mais tempo, como quatro ou seis horas.

Referências

- Adger, N. (2000) Resiliência social e ecológica: eles estão relacionados?. *Progresso em Geografia Humana*, v. 4, No. 3, pp. 347-64.
- Alfieri, L.; Salamon, P.; Pappenberger, F.; Wetterhall, F., e Thielen, J. (2012) Sistemas operacionais de alerta precoce para perigos relacionados à água na Europa. *Ciência e Política Ambiental*, 21, 35-49. dentro. pág.
DOI:10.1016/j.envsci.2012.01.008.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., e Wisner, B. (1994) At Risk: Natural Hazards, People, Vulnerability, and Disasters. Londres e Nova York: Taylor & Francis Group.
- Blecken, A. (2010) Logística Humanitária: Modelagem de Processos da Cadeia de Suprimentos de Organizações Humanitárias, Haupt. [Online] <https://goo.gl/pSOzYH>.
- Chatfield, AT e Brajawidagda, U. (2013) Twitter Early Tsunami Warning System: Um Estudo de Caso na Gestão de Desastres Naturais da Indonésia. *Proceedings of the 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, pp. 2050-2060, Wailea, Havaí. DOI: 10.1109/HICSS.2013.579.
- De León, JCV; Borgardi, J.; Dannenmann, S. e Basher, R. (2006) Early Warning Systems in the context of Disaster Risk Management. *Desenvolvimento e Áreas Rurais* 2, pp. 23-25.
- Haworth, B. e Bruce, E. (2015) Uma Revisão de Informações Geográficas Voluntárias para Gestão de Desastres. Bússola Geográfica, pp.237-250. DOI: 10.1111/gec3.12213
- Horita, FEA, Link, D., Albuquerque, JP, e Hellingrath, B. (2016) oDMN: Um modelo integrado para conectar as necessidades de tomada de decisão a fontes de dados emergentes na gestão de desastres. Nos *Anais da Conferência Internacional do Havaí sobre Ciências do Sistema (HICSS)*, pp.2882-2891, Kauai, Havaí. DOI: 10.1109/HICSS.2016.361
- Horita, FEA, de Albuquerque, JP, Degrossi, LC, Mendiondo, EM, e Ueyama, J. (2015). 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*, v. 80, pp. 84-94.
DOI:10.1016/j.cageo.2015.04.001
- Horita, FEA; Degrossi, LC; Assis, LFFG, Zipf, A., e Albuquerque, JP (2013) O uso de Informação Geográfica Voluntária (VGI) e Crowdsourcing na Gestão de Desastres: uma Revisão Sistemática da Literatura". Anais da 19ª Conferência das Américas sobre Sistemas de Informação (AMCIS), Chicago, EUA, pp. 1–10. [Online] <http://goo.gl/lLdjwG>.
- Lindell, M., Prater, C. e Perry, RW (2007) Introdução à Gestão de Emergências. Nova York: John Wiley.
- Link, D., Hellingrath, B., e Bültmann, C. (2015) Categorias de Informação para Avaliações de Infraestrutura e Recursos Logísticos em Logística Humanitária. Em Dethloff, J., Haasis, H., Kopfer, H., Kotzab, H., & Schönberger, J. (Eds.), *Logistics Management* (pp. 445-453). Notas de aula em Logística. Editora Internacional Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-13177-1_34

- Londe, L.; Coutinho, M. P.; Di Gregório, L. T.; Santos, L. B. L.; Soriano, S. (2014) Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações, *Ambiente. & Soc.*, v. 17, pp. 133-152. DOI: 10.1590/1809-4422ASOC1082V1742014
- McEntire, DA e Myers, A. (2004) Preparando comunidades para desastres: questões e processos para a prontidão do governo. *Prevenção e Gestão de Desastres: An International Journal*, v. 13, pp. 140 - 152. DOI: 10.1108/09653560410534289
- Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR). (2004) 2004 Terminologia: termos básicos de redução de risco de desastres, *Secretaria da Estratégia Internacional para Redução de Desastres*, Genebra. [Online] <http://goo.gl/UT0P5W>.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). (2014) Perfil dos Municípios Brasileiros 2013.
- Meissen, U. e Fuchs-Kittowski, F. (2014) Rumo a uma arquitetura de referência de integração de crowdsourcing em sistemas de alerta precoce. *Proceedings of the 11th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, pp.334-338, University Park, EUA. [Online] <http://goo.gl/39QYVv>.
-
- Grupo de Gerenciamento de Objetos (OMG). (2013) Modelo e Notação de Processos de Negócios (BPMN), Versão 2.0 (formal/2013-12-09). [Online] <http://goo.gl/ev6tUR>.
- Grupo de Gerenciamento de Objetos (OMG), Modelo de Decisão e Notação (DMN), (dtc/2014-02-01), 2014. [Online] <http://goo.gl/VDV4tW>.
- Consórcio Geoespacial Aberto (OGC), Observações e Medições (O&M), (OGC 10-004r3), 2013. [Online] <http://goo.gl/udPX9T>.
- Picozzi, M.; Zollo, A.; Brondi, P.; Colombelli, S.; Elia, L. e C. Martino. (2015) Explorando a viabilidade de um sistema nacional de alerta precoce de terremoto na Itália. *Journal of Geophysical Research*, v. 120, pp. 2446-2465. DOI:10.1002/2014JB011669
- Runeson, P. e Höst, M. (2009) Diretrizes para conduzir e relatar pesquisas de estudo de caso em engenharia de software. *Engenharia de Software Empírica*, pp. 131-164.
- Nações Unidas (ONU). Estrutura de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030. [Online] <http://goo.gl/E6IM74>.
- Yin, RK (2009) Pesquisa de estudo de caso: desenho e métodos. 4. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.



PROTOCOLO DE GRUPO DE FOCO NO CEMADEN

Como os diagramas de modelo gerados foram avaliados em conjunto com os membros do Cemaden, decidimos realizar sessões de grupos focais com o objetivo de coletar feedback da prática sobre a eficácia do framework, bem como identificar recomendações de melhorias e/ou obter novos insights. Essas sessões de grupos focais também forneceriam evidências sobre se o processo de negócios modelado, a decisão e as fontes de dados foram implementados no contexto do Centro Nacional Brasileiro de Monitoramento e Alerta Prévio de Desastres Naturais (Cemaden). Portanto, este protocolo foi adotado como diretriz para a realização dessas sessões no Cemaden. É composto por duas partes: (a) a sequência das atividades e (b) o questionário, e não deve ter duração superior a 30 minutos.

Protocolo de estudo

ÿ **Bem- vindo.** Comece com uma breve apresentação do moderador, reconheça a presença dos participantes e forneça uma explicação do conceito geral do grupo focal.

ÿ **Objetivo.** Apresenta brevemente o objetivo do estudo, ou seja, a avaliação do usuário final quanto à eficácia dos documentos modelados para subsidiar as atividades na sala de controle de monitoramento do Cemaden; e mencionar o contexto da pesquisa, ou seja, o projeto Pró—alerta, as colaborações anteriores (por exemplo, ISCRAM '16 e DSS) e futuras colaborações potenciais (por exemplo, Natural Hazard).

ÿ **Mais informações sobre a sessão.** Mencione que toda a sessão será gravada em áudio, mas todos os participantes serão anonimizados. Devido à gravação de áudio, recomende que os participantes falem em volume adequado com o objetivo de garantir a qualidade da gravação. A previsão é que a sessão não dure mais de 30 minutos.

ÿ **Introdução dos documentos modelados.** Apresente os seguintes documentos: (a) o

processo de negócios modelado descrevendo as partes interessadas, atividades, fluxo de sequência e vias (3 min); (b) a ponte de uma atividade com uma decisão e detalhar os elementos da decisão, os requisitos de informação e as regras de negócio (3min); e (c) a forma como as informações necessárias se conectam às fontes de dados (3min).

ÿ **Faça as perguntas.** Faça as perguntas para os participantes. Não se esqueça de ligar o gravador de áudio.

ÿ **Fechamento.** Mencione a possibilidade de futuras colaborações, bem como os trabalhos em andamento.

Questionário

ÿ Você acredita que o processo de negócio apresentado reflete a realidade no monitoramento sala de controle?

- Se não, por quê? O que você mudaria?
- Para você, quais são os pontos fortes e fracos do processo de negócio?

ÿ Em relação ao processo de negócio apresentado, você acredita que seria útil se adotado como diretriz para as equipes de monitoramento, por exemplo, como um protocolo descrevendo a sequência de atividades que todas as equipes devem seguir?

- Se não, por quê? O que você mudaria?
- Se sim, por quê?
- Para você, quais são os pontos fortes e fracos?

ÿ Em relação ao formato de visualização, você acredita que facilita o entendimento do processo de negócio como um todo?

ÿ No processo de negócio apresentado, quais são as atividades mais críticas e como elas devem ser priorizado?

- Por quê?

ÿ Em relação à decisão apresentada, você acredita que o formato de visualização fácil a compreensão da decisão como um todo?

ÿ Com base na decisão apresentada, você tem uma compreensão clara dos outros decisões, bem como as informações necessárias para a tomada de decisão?

- Quais são os pontos fortes e fracos?

ÿ Quão útil é a decisão apresentada para apoiar a tomada de decisão?

– Se não, por quê?

ŷ Você acredita que esta decisão apresentada reflete a realidade no controle de monitoramento quarto?

– Se não, por quê? O que você mudaria?

ŷ Além desta decisão apresentada, quais são as outras decisões que você pode identificar no processo de negócio apresentado?

– Quais são os mais críticos e como devem ser priorizados?

– Por quê?

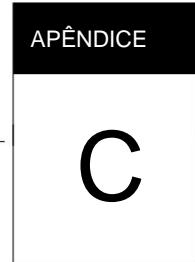
ŷ Finalmente, há uma conexão das tarefas dos tomadores de decisão com as fontes de dados, quanto útil é isso para entender a tomada de decisão como um todo?

– Por quê?

– Quais são os pontos fortes e fracos?

ŷ Considera que estes documentos apresentados podem ser aplicados para modelar outro tomada de decisão, por exemplo, monitoramento de deslizamentos de terra?

– Por quê?



PROTOCOLO DE PRINCÍPIOS DE PROJETO AVALIAÇÃO NO CEMADEN

Este protocolo de estudo foi definido para coleta de dados para investigar a aceitação dos recursos no apoio (ou aprimoramento) à tomada de decisão na sala de controle de monitoramento do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta Prévio de Desastres Naturais (Cemaden). Por estar basicamente focado nos recursos desenvolvidos para operacionalizar os princípios de projeto propostos no Capítulo 6, os resultados forneceram evidências sobre os princípios propostos para apoiar a tomada de decisão em ambientes dinâmicos com fontes de dados espaciais heterogêneas. Consiste em duas partes: (a) a sequência de atividades e sessão de demonstração, e (b) o questionário, e não deve durar mais de 15 minutos.

Protocolo de estudo

ÿ **Bem- vindo.** Fornecer uma breve explicação do contexto de pesquisa e trabalhos anteriores.

ÿ **Objetivo.** Apresenta brevemente o objetivo do estudo, ou seja, coletar o feedback dos usuários finais sobre as características do SDSS apresentado. Mencionar que o protótipo do SDSS deve ser entendido como um componente suplementar ao sistema existente (SALVAR), que agrega novos recursos para análise de dados geoespaciais e configuração do sistema.

ÿ **Introdução das funcionalidades desenvolvidas.** Apresente as seguintes características: (a) a configuração de decisões; (b) a configuração das fontes de dados; (c) a configuração do local de interesse; e (d) a visualização multiescala de dados.

ÿ **Faça as perguntas.** Faça as perguntas para os participantes. Não se esqueça de ligar o gravador de áudio.

ÿ **Fechamento.** Reconheça o apoio e o tempo do participante.

Questionário

ÿ Qual a sua opinião em relação à visualização multiescala?

- Quais são os pontos fortes e fracos?
- Se não é interessante, por quê?

ÿ Qual a importância dos dados geoespaciais para sua análise?

- Por quê?
- Para você, quais são os pontos fortes e fracos?

ÿ Você acredita que a conexão de decisões e requisitos de informação é importante para sua tomada de decisão?

- Se sim, como isso apoia (ou melhora) sua tomada de decisão?

ÿ A configuração das fontes de dados é importante para sua tomada de decisão?

ÿ Você tem algum outro comentário, recomendação ou sugestão para melhorar o sistema?

ÿ Por fim, qual a importância do uso de dados geoespaciais e a configuração de uma decisão para sua tomada de decisão?